

해양 환경에서 에지 정보를 이용한 물표 추출 알고리즘

정 종 면*, 박 계 각**

Object Detection Algorithm Using Edge Information on the Sea Environment

Jongmyeon Jeong *, Gyei-Kark Park **

요 약

해양 안전 사고 관련 연구에 의하면 선박 충돌 사고의 약 60%는 인적 요인에 의한 운용상의 실수로 인해 발생되고 있으며, 특히 항해사의 견시 소홀로 인한 사고는 인적 요인으로 인한 사고의 66.8%에 달하는 것으로 보고되고 있다. 그러므로 주야간을 막론하고 우천이나 안개 속에서도 거의 변함없는 화질을 보이는 IR 영상으로부터 자동으로 물표를 탐지하고 추적할 수 있다면 항해사의 근무 피로를 경감시키면서 인간 시각 특성의 불완전성을 보완할 수 있어 선박의 안전항행을 위한 중요 정보로 사용할 수 있다. 본 논문에서는 해양 IR 영상으로부터 선박, 암초, 부이와 같은 해상 물표를 탐지하기 위한 기법을 제안한다. 해양 영상에서 대부분의 에지 방향은 수평이며, 수직 방향의 에지는 대부분 물표 영역에서만 집중적으로 발견된다. 또한 물표와 해수면이 만나는 영역에는 수평 방향의 에지가 존재한다. 제안된 방법은 물표 추출을 위해 해양 환경에서만 발견되는 이런 에지의 특성을 이용한다. 먼저 주어진 입력 IR 영상으로부터 에지를 추출하여 수평, 수직 에지로 분리한 다음 고립되어 있는 에지들을 제거한다. 그런 다음 수직 에지에 대하여 모폴로지 닫힘 연산을 이용하여 물표를 구성하는 수직 에지들을 서로 연결하여 물표 후보 영역을 얻는다. 물표 후보 영역 중 아래에 수평에지 영역이 존재하는 영역은 해수면 바로 위의 물표를 의미하기 때문에 물표 후보 영역과 바로 아래의 수평 에지를 통합하여 기준 영역으로 삼고, 이 기준 영역을 기준으로 좌, 우, 위의 물표 후보 영역들을 통합하여 최종 물표를 얻는다.

▶ Keyword : IR 영상, 안전 항행, 선박 충돌, 물표 탐지

Abstract

According to the related reports, about 60 percents of ship collisions have resulted from operating mistake caused by human factor. Specially, the report said that negligence of observation caused

• 제1저자 : 정종면 • 교신저자 : 박계각

• 투고일 : 2011. 01. 25, 심사일 : 2011. 02. 21, 게재확정일 : 2011. 04. 19.

* 목포해양대학교 해양컴퓨터공학과(Department of Computer Engineering, Mokpo National Maritime University)

**목포해양대학교 해상운송시스템학부(Div. of Maritime Transportation System, Mokpo National Maritime University)

※본 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

66.8 percents of the accidents due to a human factor. Hence automatic detection and tracking of an object from an IR images are crucial for safety navigation because it can relieve officer's burden and remedies imperfections of human visual system. In this paper, we present a method to detect an object such as ship, rock and buoy from a sea IR image. Most edge directions of the sea image are horizontal and most vertical edges come out from the object areas. The presented method uses them as a characteristic for the object detection. Vertical edges are extracted from the input image and isolated edges are eliminated. Then morphological closing operation is performed on the vertical edges. This caused vertical edges that actually compose an object be connected and become an object candidate region. Next, reference object regions are extracted using horizontal edges, which appear on the boundaries between surface of the sea and the objects. Finally, object regions are acquired by sequentially integrating reference region and object candidate regions.

▶ Keyword : infrared image, safety navigation, ship collision, object detection

I. 서 론

최근 수십년간 선박의 수와 크기는 크게 증가하고 있다. 선박은 매우 위험한 물질들을 대량으로 운반하는 경우가 많기 때문에 해양 선박 사고는 인명, 재산, 그리고 환경에 커다란 재앙을 초래하는 경우가 많으며, 이에 따라 안전 항행의 필요성은 아무리 강조해도 지나치지 않는다.

Faulkner의 연구에 의하면 그동안 발생한 해양 안전 사고는 대부분 인적 요인과 선박 자체 능력으로 발생하고 있다[1]. 그러나 선박 자체 능력으로 인한 사고는 선박 건조 기술의 비약적 발전으로 인해 점차 감소하는 추세이며, 따라서 인적 요인으로 인한 해양 사고의 비율은 상대적으로 증가하고 있다.

선박의 안전 항행을 위하여 항해사는 많은 정보를 필요로 하며, 항해사에게 다양한 정보를 제공하기 위해 선교에는 다양한 항행 보조 장비들이 존재한다. 항해사는 다양한 항행 보조 장비의 정보들을 취합 분석하여 항행 안전 상황을 인지하고 앞으로의 상황을 예측한다. 그러나 항행 보조 장비의 불완전성으로 인해 항행 보조 장비 사이의 불일치가 발생할 수 있으며, 선박 주변 환경 요인과 항해사의 집중력 저하 등으로 인해 항행 상황에 심각한 안전상의 문제가 발생할 수 있다[2][3].

선박 항해 시 항해사가 주위 정보를 획득하기 위해 가장 많이 의존하는 장비는 레이더인데, 레이더는 연안 항해 시 레이더 전파 특성으로 인해 다양한 형태의 잡음이 레이더 영상에 나타나며, 레이더의 다중 반사, 경면 반사 등의 레이더 자체 오차도 발생할 수 있기 때문에 항해사의 판단에 혼란을 주는 경우가 많다. 따라서 항해 보조 장비들로부터 아무리 많은 정보가 제공된다 하더라도 항해사는 최종 판단을 내리기 전에

배 주위의 상황을 육안으로 직접 확인해야 한다.

그러나 항해사가 여러 가지 요인으로 인해 육안으로 배 주위의 상황을 확인하지 못하는 경우가 종종 발생하는데, 이는 크게 기상 원인과 항해 환경적 요인으로 나눌 수 있다. 기상 원인은 안개, 눈, 비 등의 악천우가 그 원인이 되는 경우이며, 항해 환경적 요인은 연안 항해시 발생하는 것으로서 항해시 선박과 인접한 육지의 불빛이 선박 항해등이나 등대 등의 항로 표시의 불빛보다 강하여 선박 또는 암초가 가까이 근접해 있음에도 불구하고 항해사는 그 불빛이 육지의 것인지 아니면 해상 선박의 것인지 구분하지 못하는 경우이다.

해상 사고 관련 연구에 의하면 선박 침몰 사고의 약 60%는 인적 요인에 의한 운용상의 실수로 인해 발생하는 것으로 보고되고 있으며 약 40%는 선박 설계 결함이나 유지 보수와 같은 선박 자체의 결함으로 인해 발생되고 있다[1][4]. 특히 항해사의 전시 소홀로 인한 사고가 인적 요인의 66.8%에 달하는 것으로 보고되고 있다[5]. 그러므로 주야간을 막론하고 우천이나 안개 속에서도 거의 변함없는 화질을 보이는 IR 영상으로부터 자동으로 물표를 탐지하고 추적할 수 있다면 항해사의 근무 피로를 경감시키면서 인간 시각 특성의 불완전성을 보완할 수 있다.

그동안 영상으로부터 물체를 탐지하고 추적하기 위한 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 물체 탐지 방법은, 영역 기반 방법, 경계선 기반 방법 등이 있으며, 물체 추적 방법은 영역 기반 방법, 특징 기반 방법, 움직임 기반 방법 등이 있으나, 대부분의 기존의 방법들은 육상 환경에 초점을 맞추고 있어 해양 환경에 적용하기에는 많은 제약이 따른다[6]-[8].

해양 환경에서 영상처리 기술이 적용된 사례로는, A. Smirnov 등이 항공기에서 Real-Aperture Radar를 이용하여

대양 대기를 관측하였으며[9], J. Kuo 등은 파도 탐지를 위하여 Synthetic Aperture Radar를 이용하였다[10]. 모폴로지 기법과 DSP를 이용하여 레이더 영상에서 물체를 추출하기 위한 연구도 보고되었으나, 극히 단순한 영상에서만 적용이 가능하였고, 단순한 차영상을 이용하기 때문에 저속 선박이나 암초, 부이 등은 추출이 불가능하였다[11]. 선박의 레이더 영상 신호를 이용하여 파랑 정보를 검출하기 위하여, PPI 타입과 A-scope 타입의 레이더 영상신호 획득한 다음, 2D FFT를 통해 주파수를 변환하고 주파수의 중심으로부터 피크가 나타나는 주파수까지의 벡터 성분을 이용하여 파랑의 방향과 파장을 계산하는 방법이 제안되었으나, 주파수 도메인에서 피크가 명확하게 나타날 가능성이 높지 않기 때문에 실제 해상에서 적용하기는 어려우며[12], SAR 영상을 이용한 선박을 탐지하기 위한 연구도 있었다.[13]

해양 영상 처리 기술에 관련된 기존의 연구는 해양 과학, 탐사 관련 레이더 영상 처리 연구사례는 있으나 안전항행과 관련된 의미 있는 연구 사례는 찾기 힘들며, 안전항행을 위해 자선 주위의 선박, 암초, 부이 등을 자동으로 탐지하기 위한 연구는 거의 보고되지 않고 있다.

이에 따라 본 논문에서는 항해사의 피로를 경감시키고 시각 특성의 불완전성을 보완함으로써 선박의 안전 항행에 도움을 주기 위하여, 선박의 선수에 장착한 IR 카메라로부터 영상을 입력받아 선박, 암초 그리고 부이 등과 같은 물표를 자동으로 탐지하기 위한 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 전자해도(ECDIS: Electronic Chart Display and Information System), 알파 레이더(ARPA: Automatic Radar Plotting Aids), 선박 자동 식별 장치(AIS: Automatic Identification System), GPS 등 선교의 다른 항행 보조 장비와 함께 선박의 안전 항행에 필요한 중요한 정보를 제공할 수 있다.

II. 제안된 방법 개요

IR 영상은 일반적으로 다수의 잡음이 포함되기 때문에 에지의 경계선이 불분명하여 끊기는 경우가 많다. 그러나 해양 환경에서 취득한 IR 영상에는 파도, 파랑, 해수면, 수평선 등의 영향으로 인해 수평 방향의 에지들이 다수 관측된다. 파도, 파랑, 해수면, 수평선 등은 선박 안전 항행 관점에서 봤을 때 물표가 아닌 배경 영역으로 해석할 수 있다. 반면 수직 방향의 에지들은 해상 연산 전반에 걸쳐서 나타날 수 있으며 끊기는 경우가 자주 발생하지만, 그 수직 방향 에지가 물표에서 얻어진 것이라면 물표 영역에서 집중적으로 나타나게 되며, 배경 영역이나, 잡음에 의한 수직 방향 에지는 뭉쳐서 나타나지 않

고 고립되어 나타난다. 해양 환경의 물표에 대한 이러한 관찰을 바탕으로, 본 논문에서는 에지의 방향성 정보를 이용하여 해상의 물표를 탐지한다.

본 논문에서 주목한 해상 물표의 특징을 요약하면 다음과 같다. 먼저 해양 영상은 파도, 수평선, 조류 등의 영향으로 수평 방향의 에지들이 다수 나타난다. 둘째, 이들 수평 에지 사이에 섞여 있을 수 있는 수직 방향 에지들은 뭉쳐있지 않고 고립되어 관측된다. 셋째, 해상의 모든 물표 영역들은 수평 에지와 수직 에지를 동시에 생성하는데, 물표와 해수면의 경계는 항상 수평 방향의 에지를 만들어 낸다. 즉, 수평 방향의 에지 위에 수직 방향의 에지들이 뭉쳐서 나타난다면 그것은 물표일 가능성이 매우 높다. 넷째, 물표가 만들어내는 수직 방향의 에지들 중, 바로 아래에 수평 방향의 에지가 존재하지 않는 경우가 있는데, 이런 수직 에지는 물표의 상단에서 만들어진 에지들이다. 마지막으로 해상 IR 영상의 수직 에지는 일반적으로 잡음이 심하여 그 경계선에 끊김 현상이 자주 발생한다. 그러나 파도, 조류, 물표와 해수면과의 경계가 만들어내는 수평 에지는 끊겨 나타나지 않는다.

이런 특징들을 반영하여, 본 논문에서는 IR 영상을 입력받아 수직 에지와 수평 에지를 추출한 다음 인접한 수직 에지들을 통합한다. 그런 다음 고립되어 있는 수직 에지 영역들을 제거하여 물표 후보 영역을 생성하고, 물표 후보 영역 중 바로 아래쪽으로 인접한 위치에 수평 에지 영역이 존재하는 영역을 서로 통합하여 기준 물표 영역으로 삼는다. 그런 다음 기준 물표와 물표 후보 영역들과의 통합을 통해 해상 물표를 추출한다. 그림 1은 본 논문에서 제안된 물표 추출 기법의 개략적 블록도를 보이고 있다.



그림 1. 제안된 방법의 블록도
Fig. 1. Block diagram of the proposed method

III. 수평 및 수직 에지 추출

본 논문에서는 해상 물표에서만 독특하게 관측되는 에지의 방향성 정보를 이용하여 물표를 추출한다. 본 논문에서는 Prewitt 연산자를 이용하여 에지를 추출하였다[14]. 다양한 에지 연산자들 중 일차 미분 연산자 중 하나인 Prewitt 에지 연산자는 다른 에지 연산자들에 비해 대각 방향의 에지 성분을 억제하면서 수직, 수평 방향의 에지들을 잘 탐지하기 때문에 해상 수평, 수직 에지를 추출하는데 적합하다. 이차원 디지털 영상에 대한 일차 미분 연산은 식(1)(2)(3)과 같이 정의된다.

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

$$mag(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \dots\dots\dots (3)$$

식(2)에서 $mag(\nabla f)$ 는 1차 미분 연산을 적용했을 때 그레디언트(gradiant)의 크기를 의미하며 이는 에지의 크기를 의미한다. 식(3)에서 $\alpha(x, y)$ 는 에지의 방향(orientation)을 의미한다. 본 논문에서는 주어진 입력 IR 영상에 대해 Prewitt 에지 연산자를 적용하여 1차 미분을 수행하여 그레디언트 영상을 얻은 다음 에지의 방향성을 조사하여 에지들을 수평, 수직 에지로 분류하는데, 주어진 에지가 수평 방향에 가까우면 수평으로, 수직 방향에 가까우면 수직 성분으로 각각 분류한다. 이렇게 얻어진 수평, 수직 방향의 에지에 대해 이진화를 수행한다. 이렇게 얻어진 수평 방향의 에지 중 해수면, 수평선, 물표와의 경계선 등으로 인해 생성된 것은 그 영역이 수평 방향으로 길게 연결되는 경우가 많으며, 반면 수직 방향의 에지 성분들은 물표 영역이 아닌 영역에서는 흩어지고 고립되어 나타나는 반면, 물표가 있는 영역에서는 뭉쳐서 나타난다. 그림 2는 본 논문에서 실험에 사용한 IR 영상과 추출된 수직 및 수평 에지를 보이고 있는데, 그림 2(a)는 입력 IR 영상을, 그림 2(b)는 Prewitt 연산자를 이용하여 추출한 그레디언트 영상, 그림 2(c)는 그림 2(a)의 입력 영상에서 추출한 수직 성분의 에지들을, 그림 2(d)는 수평 성분의 에지들을, 그림 2(e)는 이

진화된 수직 성분 에지 영상을 그림 2(f)는 이진화된 수평 성분 에지영상을 각각 보이고 있다.

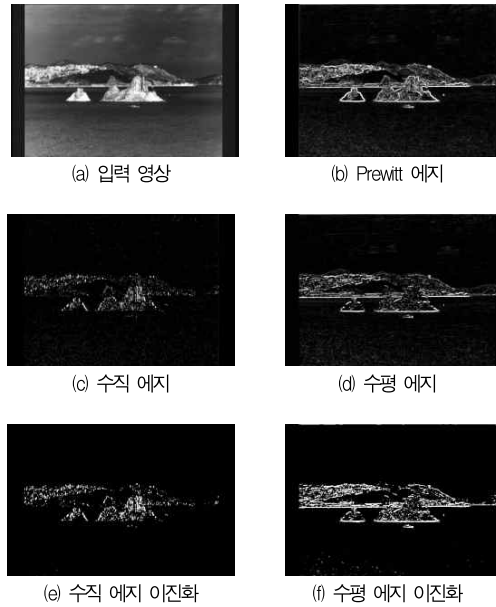


그림 2 수평 및 수직 에지 추출
Fig. 2. Extraction of horizontal and vertical edges

IV. 기준 물표 영역 추출

본 논문에서 기준 물표 영역은 물표 추출을 위한 초기 영역을 의미한다. 해상 물표는 해수면과 닿는 부분에 수평 에지가 존재하며 그 수평 에지 위에는 수직 에지가 존재한다. 따라서 수직 에지 영역의 바로 아래에 수평 에지가 존재하는 영역을 기준 물표 영역이라 정의한다.

본 논문에서는 이진화된 수평, 수직 성분의 에지에 대하여 모폴로지 연산을 이용하여 잡음을 제거하고 서로 인접한 수직 성분의 에지들을 통합한다. 영상처리 분야에서 모폴로지 연산은 영상에 대한 잡음 제거, 각종 특징 추출 또는 다양한 후처리 등에 광범위하게 사용된다. 수학적 집합론에 기반하는 모폴로지 연산의 침식(erosion)은 식(4)와 같이 정의된다[14].

$$A \ominus B = \{x | (B)_x \subset A\} \dots\dots\dots (4)$$

여기에서 A와 B는 각각 원 영상과 구조체(structuring element)를 의미하는데, 침식 연산이 결과 영상 A의 디테일을

제거하고 객체 영역을 깎아내는 효과를 낸다. 따라서 주어진 영상에 대해 모폴로지 침식 연산을 적용하게 되면 객체 영역의 외부가 제거되면서 동시에 잡음이 제거되는 효과를 얻을 수 있다.

한편 모폴로지 팽창 연산은 침식 영상의 반대 연산으로써 객체 영역과 잡음을 확장 시킨다. 모폴로지 팽창 연산은 식(5)와 같이 정의된다.

$$A \oplus B = \{x | (\hat{B}) \cap A \neq \emptyset\} \dots\dots\dots (5)$$

$$= \{x | [(\hat{B})_x \cap A] \subseteq A\}$$

위 식에서 A는 서로 연결된 픽셀들의 집합으로 입력 영상을 나타내고 집합 B는 모폴로지 연산의 구조체를 나타낸다.

침식과 팽창 연산을 조합하여 열기(opening)와 닫기(closing)연산이 정의되는데, 모폴로지 열기 연산은 식 (6)에서 보이는 바와 같이 침식 연산을 수행한 결과에 대한 팽창 연산으로 정의되며, 모폴로지 닫기 연산은 식(7)에서 보이는 바와 같이 팽창 연산을 먼저 수행한 결과에 대한 침식 연산으로 정의된다.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \dots\dots\dots (6)$$

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \dots\dots\dots (7)$$

침식 연산은 객체의 외곽을 깎아 내면서 잡음을 제거하고, 팽창 연산은 객체의 크기를 확장하기 때문에 열기 연산은 일반적으로 객체의 외곽선을 부드럽게 만들어주며 가늘게 돌출한 부위를 제거할 뿐만 아니라 영상에 존재할 있는 잡음을 제거하는데 효과적이다. 따라서 본 논문에서는 수평 성분의 예지 영상에서 잡음을 제거하기 위해 모폴로지 열기 연산을 수행한다.

한편 모폴로지 닫기 연산은 팽창 연산을 수행한 다음 침식 연산을 수행하기 때문에 서로 인접한 영역은 모폴로지 닫기 연산을 통해 서로 결합 되고 잡음 영역은 원래의 모습을 그대로 유지할 수 있게 한다. 따라서 본 논문에서는 수직 성분의 예지 영상에 대해 모폴로지 닫기 연산을 수행하여 서로 인접한 곳에 집중된 수직 예지들을 서로 통합 한다. 물표에서 생성되는 수직 예지들은 고립되지 않고 서로 가까운 영역에 집중되어 나타나기 때문에 이렇게 연결된 수직 영역들은 물표 추출을 위한 후보 영역이 될 수 있다.

한편 배경 영역에 나타날 수 있는 고립되어 있는 수직 영

역들을 제거하기 위하여 다시 통합된 수직 영역에 대하여 대해 모폴로지 열기 연산을 수행하면 통합된 수직 영역들은 변화가 없는 반면 잡음에 의한 수직 영역들은 흩어져서 존재하기 때문에 효과적으로 제거할 수 있다. 즉 수직 성분의 예지 영상에 대해 모폴로지 닫기 연산과 열기 연산을 순차적으로 수행함으로써 물표에서 얻어진 인접한 수직 예지들을 서로 연결시키고, 잡음으로 인해 나타난 고립된 수직 예지들을 제거함으로써 물표 후보 영역을 추출한다.

그림 3은 모폴로지 연산에 의해 서로 인접한 수직 성분 예지들이 통합된 수직 영역과, 수평 성분 예지에서 잡음이 제거된 수평 영역을 보이고 있다.

추출된 물표 후보 영역들은 다시 4-CC 레이블링(4 Connected Component Labeling)을 수행하여 바운딩박스의 형태로 표현된다[14]. 위에서 언급한 바와 같이 대부분의 수평 예지는 파도나 수평선, 그리고 물표와 해수면의 경계선에서 만들어진 다. 따라서 수평 예지가 만약 해수면과 물표 사이의 경계선으로 인해 만들어진 것이라면 수평 예지 바로 위에는 물표 후보 영역이 존재한다. 또한 물표 후보 영역의 윗부분과 인접하지 않은 수평 예지들은 파도나 수평선에서 만들어진 것이라고 볼 수 있다. 그러므로 이런 예지들을 제거한다. 남아있는 수평 예지와 그것들에 대응되는 물표 후보 영역은 서로 통합되어 기준 물표 영역이 된다.

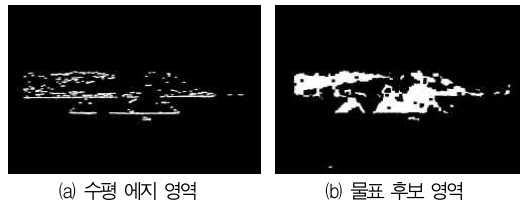


그림 3. 물표 후보 영역 추출
Fig. 3. Extraction of object candidate region

V. 물표 추출 및 통합

물표 후보 영역 중 대응되는 수평 예지를 찾지 못한 물표 후보 영역들이 다수 존재할 수 있다. 이는 해수면과 떨어져서 존재하는 물표 영역 또는, 물표 내부에 충분한 수직 예지를 갖지 못했을 경우를 의미하거나 물표의 크기가 작아서 해수면과 물표가 맞닿는 픽셀의 수도 작고 그 결과 수직 영역에 대응되는 수평 예지가 잡음 제거 과정에서 사라진 경우에 나타난다.

남아 있는 물표 후보 영역은 인접해 있는 기준 물표 영역과 다시 통합된다. 남아있는 후보 영역과 기준 물표와의 통합

을 위해서는 먼저 주어진 기준 영역의 가장 낮은 좌표보다 위에 위치하는 물표 후보 영역을 찾고 그 중 기준 영역과 상, 좌우로 인접한 영역을 기준 영역과 통합한다. 이 과정은 더 이상 기준 영역과 물표 후보 영역이 통합되지 않을 때까지 반복한다. 통합을 위한 기준은 식 8과 같다.

$$(RefBD_{btm} > CandBD_{btm}) AND \dots\dots\dots (8) \\ [|RefBD_{lft} - CandBD_{rht}| < Thr OR \\ |CandBD_{lft} - RefBD_{rht}| < Thr OR \\ |CandBD_{btm} - RefBD_{top}| < Thr]$$

여기에서 *RefBD*는 기준 영역의 바운딩박스를, *CandBD*는 남아있는 물표 후보 영역의 바운딩박스를, *top*, *btm*, *lft*, *rht*는 바운딩박스의 상, 하, 좌, 우 좌표를, *Thr*은 통합을 위한 실험적 임계치를 각각 의미한다.

마지막으로 기준 영역들 중 서로 인접하면서 바닥의 좌표가 서로 동일한 기준 영역들을 서로 통합하여 최종 결과를 물표 영역을 얻는다.

VI. 실험

제안된 방법의 타당성을 보이기 위해 제안된 알고리즘을 펜티엄 PC, MS Visual Studio 2008 환경에서 실험하였다. 해양환경에서 취득한 IR 영상은 선박, 압초, 부이 등의 물표를 포함하고 있으며 720x480 크기의 영상이다.



그림 4. 그림 2(a)에 대한 최종 물표 추출 결과
Fig. 4. Final result of object extraction for the Fig. 2(a)

그림 2, 그림 3은 실험에 사용한 입력 IR 영상과 그로부터 물표를 추출하기 위한 과정들을 보이고 있다. 그림 4는 그림 2(a)의 입력 영상에 대한 최종 결과를 보이고 있다. 그림 4에서 탐지된 물표들은 사각형으로 표현되고 있는데, 사각형의

밀면들의 좌표는 본선과 물표와의 상대적인 거리를 측정하는데 사용될 수 있다. 즉, 사각형 밀면의 좌표가 커질수록 본선과 가까운 물표라고 할 수 있다. 영상 아래쪽에 존재하는 두 개의 압초들이 위쪽에 존재하는 육지 영역들과 통합된 것을 볼 수 있는데, 이는 전통적인 영상처리 기법에서는 잘못된 영역 분할이라고 할 수 있지만 선박 안전 항행 관점에서는 본선과 물표와의 상대적 거리를 정확하게 탐지했다고 볼 수 있다. 반면 두 압초 사이에 있는 육지 영역과 오른쪽 끝에 있는 육지 영역은 그 수직 에지 성분이 충분하지 않아서 탐지하는데 실패한 것을 볼 수 있다. 그러나 선박의 충돌 위험은 선박과의 거리에 반비례하기 때문에 이 문제 역시 선박 안전 항행에는 큰 문제가 되지 않는다. 그림 4에서 탐지하지 못한 영역들은 선박이 진행함에 따라 탐지될 수 있는 영역이다.

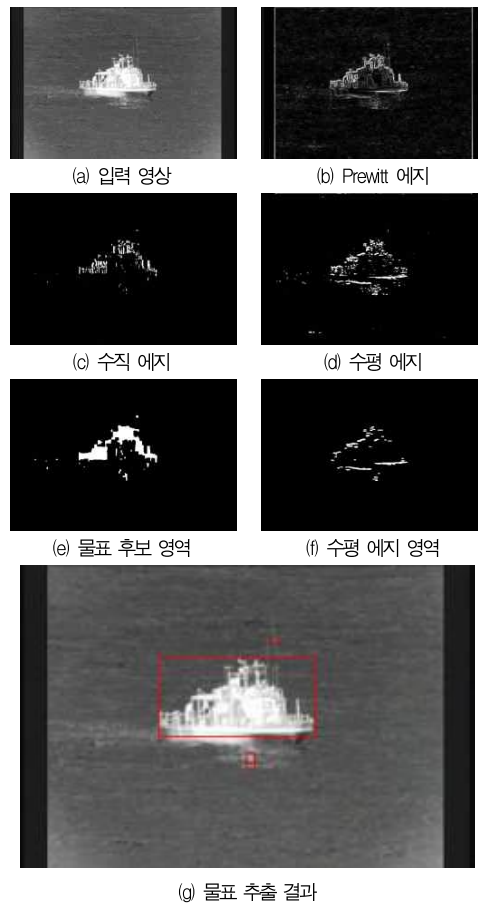


그림 5. 선박 영상에 대한 물표 추출
Fig. 5. Extraction of objects from ship IR image

그림 5는 실험 결과의 다른 예를 보이고 있는데, 그림 5(a)는 입력 영상, 그림 5(b)는 Prewitt 에지를 보이고 있다. 그림 5(c)는 수직 에지를 보이고 있으며 그림 5(d)는 수평 에지를 보이고 있다. 수직 에지 영역에 모폴로지 닫기 연산과 열기 연산을 적용하여 얻은 물표 후보 영역을 그림 5(e)에서 보이고 있으며 그림 5(d)의 수평 에지에 모폴로지 열기 연산을 적용한 수평 에지 영역을 그림 5(f)에서 보이고 있다. 그림 5(g)는 물표 후보 영역과 수평 에지 영역들을 통합 추출한 물표를 보인다. 실험 결과는 제안된 방법이 해양환경에서 안전항행을 위한 정보 제공에 사용될 수 있음을 보이고 있다.

VII. 결 론

본 논문에서는 해양 환경의 IR 영상으로부터 선박, 암초, 부이 등과 같은 물체를 탐지하기 위한 방법을 제안하였다. 수직 에지 영역을 추출하여 고립된 수직 에지 영역을 제거한 다음 모폴로지 닫기 연산을 수행하여 서로 인접한 수직 에지 영역들을 연결하여 물표 후보 영역을 얻었다.

물표와 해수면 사이에 존재하는 수평 에지 영역을 이용하여 물표 후보 영역과 그에 대응되는 수평 에지 영역과의 통합을 통하여 기준 물표 영역을 얻은 다음, 기준 물표 영역과 수평에지와 대응되지 않는 물표 후보 영역들과의 통합을 통하여 최종 물표 영역을 추출하였다. 제안된 알고리즘은 전자해도, 알파 레이더, 선박 자동 식별 장치, GPS 등 선교의 다른 항행 보조 장비와 결합되어 선박의 안전 항행에 필요한 중요한 정보를 제공할 수 있다.

향후 보다 강건하게 물표를 추출하기 위한 방법으로 영역에 기반한 물표 탐지, 움직임에 기반한 물표 탐지 기법에 대한 연구가 필요하며, 영상 장비와 선교의 항행 보조 장비와의 연동을 위한 연구도 요구된다.

참고문헌

[1] D. Faulkner, Shipping safety, Ingenia, 2003.
 [2] W. Yang, J. Keum, "A study on the fatigue assessment model for ship's officers", Proc. of Spring Conference of the KSMEs, pp. 1-6, May, 2006.
 [3] W. Kim, "A study on the safe width and alignment of the

navigational channel", J. of the KSMEs, Vol. 1, No. 1, pp. 9-25, 1995.
 [4] A. Toffoli, J. M. Lefevra, E. Bitner-Gregersen, J. Monbaliu, "Towards the identification of warning criteria: Analysis of a ship accident database", Journal of applied ocean research, Vol. 27, pp. 281-291, 2005.
 [5] S. Gaarder, K. Rongstad, M. Olofsson, "Impact of human elements in marine risk management", Guedes Soares C., Advances in safety and reliability, pp. 857-898, Pergamon, 1997.
 [6] V. E. Vicker, "Plateau equalization algorithm for real-time display of high-quality infrared imagery," Optical engineering, Vol. 35, No. 7, pp. 1921-1926, July 1996.
 [7] Q. Chen et al, "An efficient approach to extraction ROI from infrared image sequence," Proc. of SPIE Advances in infrared imaging and application, Vol. 7383, 738345-1, doi:10.1117/12.835140, June 2009.
 [8] K. Brunstrom et al, "Object detection in cluttered infrared images," Optical engineering, Vol. 42, No. 2, pp. 388-399, February 2003.
 [9] A. Snimov, "Radar observations of ship-induced instabilities in the ocean-atmosphere system", Oceanologica Acta, Vol. 22, No. 1, pp. 45-50, 1999.
 [10] J. Kuo et. al, "Ship wake detection in synthetic aperture radar images using a combination of a wavelet correlator and Radon transform", Opt. Engr, Vol. 41, No. 3, pp. 686-696, 2002.
 [11] S. Chio et. al, "Objects extraction of radar image using morphology and DSP", Proc. of KIISE Spring Conf., Vol 28, No. 2, pp. 463-465, 2001.
 [12] J. Song et. al, "A Study on the estimation of ocean surface wave information from marine radar signals", J. of Korean Navigation and Port Research, Vol. 27, No. 5. pp. 499-504, 2003.
 [13] S. Kwon et. al, "Study on the ship detection method using SAR imagery", J. of the Korean Society for GeoSpatial Information System, Vol. 17, No. 1, pp. 131-139, 2009.
 [14] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital image processing 2nd ed., Prentice Hall, 2001.

저자 소개



정 종 면

1992 : 한양대학교 전자계산학과
공학사
1994 : 한양대학교 전자계산학과
공학석사
2001 : 한양대학교 컴퓨터공학과
공학박사
2001-2004 : 한국전자통신연구원
신입연구원
2008-2009 : The Ohio State University
Visiting Scholar
2004-현 재 : 목포해양대학교 해양
컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 영상처리, 머신비전, 디지
털방송, MPEG-2, 4, 7,
21 응용
Email : jmjeong@mmu.ac.kr



박 계 각

1982 : 한국해양대학교 항해학과
공학사.
1986 : 한국해양대학교 항해학과
공학석사.
2003 : 동경공업대학 시스템과학과
공학박사
2010 : 전남대학 무역학과 국제경제학
전공 경영학박사
현 재 : 목포해양대학교 해사대학
해양정보시스템학전공 교수
관심분야 : 지능시스템, 해양정보시스템,
항만 물류 및 국제경제학
Email : gkpark@mmu.ac.kr