

영상 인식을 활용한 자동 선박 방향 식별 시스템

박춘석*, 서종훈*

The Autonomous Ship Direction Discrimination System using Image Recognition

Choonsuck Park*, Jonghoon Seo*

요약

컴퓨팅 기술의 발전에 따라 선박의 안전항해를 지원하기 위해 Radar, GPS 등 다양한 장비들이 계량, 개발되고 있으며 그들은 선박 항해에 필요한 많은 정보를 제공하고 있다. 하지만 여전히 선박 충돌사고는 끊이지 않고 있으며, 선박 대형화에 힘입어 그 피해도 커지고 있는 실정이다. 이러한 선박 충돌사고는 앞에서 언급한 선박 항해 안전 장비의 성능제약을 받는 야간이나, 해상 환경 악화 시 두드러지게 발생하고 있으며, 특히 제한적인 상황에서 인간의 눈에만 의지해서 항해를 하고 있기 때문이기도 하다. 그래서 이러한 상황에서 Vision기술을 사용하여 카메라를 활용 상대선박을 자동으로 식별하는 시스템을 제안하고자 한다. 이는 선박들이 법적으로 야간이나 각종 장비들이 제한을 받는 상황에서 근처의 다른 선박에게 상황을 전달하기 위해서 등화(불빛)와 형상물을 사용해야한다는 점에서 착안하였다. 제안 시스템을 실제 해상 환경에서 실험하기에 제한점이 많아 프로토타입을 구현하여 실험실 환경에서 실험하고 사용자 평가를 실시하였다. 즉, LED를 가상 등화로 하여 선박에 설치된 것과 동일한 색상과 동일한 위치에 배치하고 이를 카메라를 활용하여 인식 실험을 하였으며 약 90%의 인식률을 보였다. 그리고 이러한 실험화면을 활용하여 항해업무 종사자 15명을 대상으로 사용자 평가를 실시하였으며 대부분의 사람들이 제안된 체계가 해상에서 유용하다고 답변하였다.

▶ Keyword : Image recognition, Direction recognition, Lamplight recognition, Lamplight, Navigation safety

• 제1저자 : 박춘석
* 연세대학교 컴퓨터과학과

1. 서론

컴퓨팅 기술의 발전 추세에 따라 선박에도 많은 자동장치가 장착되었으며 특히 항해 안전을 보장하기 위한 많은 장비들이 개발되고 있다. 하지만 현재까지는 단순한 Radar를 활용하는 측면이 강하며 이는 해상 다양한 환경에서 많은 제약을 받고 있다. 특히 이러한 제약은 바로 해상 충돌사고를 야기하며 태안의 사례에서 보듯이 직, 간접적으로 많은 피해가 발생하고 있다. 그리고 우리나라는 모든 물건을 해외에서 가지고 와야 살아갈 수 있는 나라이며 이러한 수입은 90% 이상을 바다를 통하여 있어 잠재적으로 선박 사고의 위험성은 더 늘어날 수밖에 없다.

지금까지 선박들의 안전항해를 위해 사용되고 있는 대표적인 장비는 앞에서 언급한 Radar와 GPS 등이 있다. 이들은 주로 전파를 사용하여 각종 정보를 수집하는데 그로 인해 이들은 해상 환경 악화(안개, 폭풍우, 높은 파고 등)에 제대로 성능을 발휘하지 못하는 경우가 많으며 그로인해 항해 안전에 위협이 되고 있다. 이러한 상황에서는 인간의 눈에 의존하여 항해할 수밖에 없다. 이러한 상황에서 전파이외의 방법으로 인간에게 정보를 제공할 장비의 개발이 필요한 시점이라고 생각된다.

선박들은 국제법적으로 국제해사기구(IMO)의 규칙인 “국제해상충돌예방규칙”에 따라 야간과 해상 환경 악화와 같은 상황에서 선박과 선박 간에 서로의 운항 방향과 현재의 상황(조종 성능 제한 등) 정보를 시각적으로 제공하게 되어있다. 이에 따라 각 선박들은 상대선박의 등화와 형상물을 인식하고 서로의 상태를 파악하여 항해에 참고할 수 있는 것이다. 하지만 인간에 의해 수작업으로 수행되기 때문에 지속적 항해로 인한 피로나 실수 등으로 판단착오를 유발하는 경우가 빈번하다.

이러한 복합적인 상황에서 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 선박의 안전항해를 도와줄 수 있는 선박 등화 자동인식시스템을 제안하고자 한다. 즉, 선박 외부에 설치된 카메라를 활용하여 상대 선박이 표시하고 있는 등화를 자동으로 인식하여 상대 선박의 행동 및 현 상황을 파악하는 시스템으로 이를 통해 원거리에서 상대 선박의 방향을 자동으로 계산하여 인간의 피로나 항해장비의 고장 등으로 인한 판단착오를 막을 수 있다. 본 논문의 구성은, 2장에서는 본 연구의 관련연구를 조사하였으며, 3장에서는 제안하는 시스템의 구조에 대해 기술하였으며, 4장에서는 구현 및 인식을 시험과 항해업무 종사자를 대상으로 설문을 통해 사용자 성능평가를 실시하였다. 마지막 5장은 결론 및 향후 과제로 마무리한다.

2. 관련연구

본 연구와 관련된 기존 연구 중 선박에 대해서 이루어진 연구는 없었다. 이는 기존에 선박에 대한 연구가 선박의 대형화, 에너지 절약과 동체 등의 연구로 집중되고 있기 때문이라고 생각한다. 하지만 이와 비슷한 차량의 컴퓨터 기반 안전운행에 대한 연구는 많이 수행되고 있다. 그래서 선박의 등화인식과 비슷한 개념인 차량 안전운행 연구에 대해 간단히 설명하도록 하겠다. 차량에 대한 연구는 크게 신호등 인식과 도로 표지판 인식으로 나누어진다.

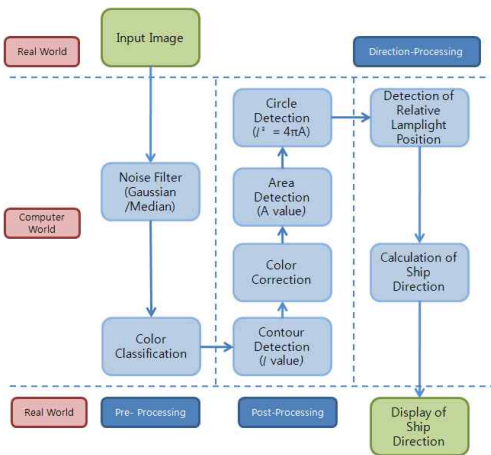
국내에서는 현대자동차의 정의윤 등이 2005년도에 차량의 안전한 도로 주행을 위해 신호등과 도로표지판을 카메라를 이용하여 인식하는 연구를 수행하였다. 첫 번째로 신호등 인식은 신호등이 있을 것으로 예상되는 영역 탐색을 시작하고, 그 영역에서 신호등의 검은색 네모 테두리를 인식한 후, 테두리 내부의 신호등의 색깔을 인식하여 운전자에게 원거리에서 신호등의 변경 정보를 제공하였으며, 두 번째로 표지판은 외곽과 내부 색상적(빨간, 노란, 검정색) 특징과 표지판 자체의 도로 상 일반적인 위치적 특징을 이용하여 운전자에게 표지판 정보를 제공하는 연구를 수행하였다.²⁾

국외 연구로는 2003년에 Chung-Yao Fang 등은 교통 표지판에 대해 Neural Networks 개념과 색 구분을 통해 인식 및 추적 연구를 수행하였으며³⁾, 2002년에 S.Vitabile 등도 역시 Neural Network 개념을 이용하고, HSV 색 영역을 이용하여 교통 표지판에 대한 인식 연구를 수행하였다.⁴⁾ 2001년에 S.H.Hsu 등은 교통 표지판 인식에 대해서 연구하였으며, 이들은 훈련된 MP(Matching Pursuit) 필터를 사용하여 표지판을 인식하는 연구를 수행하였으며⁵⁾, 1998년에 Franke 등은 “Autonomous driving goes downtown”이라는 연구를 통해서 교통 표지판과 신호등 및 도로상 방향 표시를 자동으로 인식하여 정보를 제공하는 연구를 수행하였다⁶⁾. 그리고 1997년에도 Arturo de la Escalera 등이 교통 표지판에 대한 인식 연구를 수행하였다⁷⁾.

3. 제안 시스템

제안하는 시스템은 Radar와 같이 다른 선박의 상대적인 위치나 상황 등을 인식할 수 있는 체계들의 제약 상황 시 사용할 수 있으며, 동시 운용도 가능한 것으로, 선박의 외부에 설치된 카메라를 통해 상대 선박의 등화를 인식하여 상대 선박의 현

제의 상황을 파악하는 체계이다. 즉, “국제해상충돌예방규칙 [1]”상에 명기된 등화를 인식하여 이를 통하여 상대 선박과의 충돌 위험 여부 및 상대적인 거리를 전시하고 충돌예상시의 회피 침로를 자동 계산하여 전시해주는 시스템이다. 이 시스템은 아래 그림(1)과 같은 구조로 동작하도록 설계하였다. 기본 개념은 입력영상에서 등화의 색상 차이를 이용하여 각 등화를 구분하고, 원거리에서 빛은 원으로 보인다는 것에 착안하여 외곽선(1)과 면적(A)을 추출하여 그 비율 비교를 통해서 원형도를 측정한 후 원으로 인식되는 것을 등화로 간주하도록 설정하여 상대 선박의 방향을 계산 처리하도록 하였다.



<그림 1> 체계 구조도

3.1. 전 처리(Pre-Processing)

전 처리부는 입력영상을 받아 후처리를 위한 기본적인 처리를 하는 부분으로 Noise 제거 부분과 Color Classification 부분으로 나눌 수 있다. 영상처리의 일반적인 부분으로 입력 영상에 대해 Gaussian 노이즈 필터를 활용하여 잡음제거를 실시한다. 그리고 “Color Classification” 처리 부분에서는 등화의 빛 종류인 빨강, 녹색, 백색에 대한 색 분류를 실시하는데 이는 RGB영상 영역에서 각 색상별 경계값(Threshold value)을 설정하여 경계값 이상인 부분만 전시하도록 구현하였다.

3.2. 후 처리(Post-Processing)

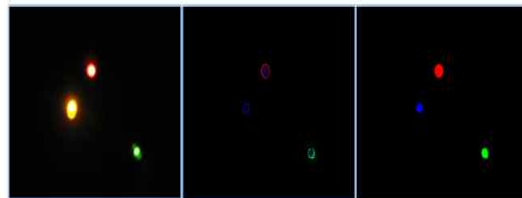
전처리 과정을 거친 영상에서 물체의 길이(l)값과 면적(A)값을 구하여 원(Circle)인 물체를 식별하는 것이 후 처리(Post-Processing) 단계이다. 첫 번째로 “Contour Detection”을 실시하여 길이(l) 값을 구하는데 이는 “개선된 간단한 경계

선 추적자 알고리즘(ISBF)”⁸⁾⁹⁾을 이용하여 외곽선을 추출, 최외곽 Pixel 수를 계산하여 구하도록 구현하였다.

두 번째로 “Color Correction”을 실시하였는데 이는 빛(LED)의 특성상 그림(2)와 같이 빛이 발하는 중간부분의 명도가 너무 높아 실제 색으로 인식되지 않는 특성이 있어 이를 보정하기 위한 작업이다. 최 외곽선의 색상값을 실제 색상으로 간주하고 이를 이용하여 보정하는데 우선 외곽선 가로, 세로의 중심을 이용하여 원의 중심점을 구하고, 이 중심점에서 외곽선이 만나는 지점까지 8방향으로 퍼지면서 Pixel에 외곽선과 같은 색을 삽입하도록 구현하였다.

세 번째인 “Area Detection”단계는 면적(A)값을 구하는 단계로 앞의 두 단계에서 사용된 Pixel수(면적+외곽선)을 통하여 구하도록 구현하였다.

후처리의 마지막 단계로 “Circle Detection”은 앞에서 획득한 길이(l)값과 면적(A)값의 비율을 활용하여 원형도를 측정하였다. 비율값(e)은 정사각형이 0.8이하이고 원은 1에 가까운 값이므로 비율값(e)은 0.8보다 크고, 1보다 작은 값으로 설정하였으며($0.8 < e < 1$)¹⁰⁾, 그 이외의 값으로 계산된 색상은 화면에 전시되지 않도록 구현하였다.



<그림 2> Contour 및 면적 처리 영상

3.3 방향처리(Direction-Processing)

마지막으로 “Direction Processing”단계는 인식된 각 등화의 상대적인 위치를 계산하여 상대선박의 방향을 알려주는 단계로 먼저 각 등화의 상대적인 위치를 계산할 필요가 있다. 이번 프로토타입에서는 영상의 좌측 상단부터 추적하여 각 등화의 순서를 확인하여 상대 선박의 방향을 계산하는 것으로 구현하였다. 선박의 방향별 등화의 상대적 위치는 “국제해상충돌예방규칙[1]”에 따라 많은 경우의 수가 있지만 이번 논문에서는 기본적인 등화만을 대상으로 아래의 4가지만을 가정하였다. 즉, 멀어지는 선박, 정면으로 가까워지는 선박(충돌위험 선박), 좌측으로 통과하는 선박, 우측으로 통과하는 선박이며 보이는 등화의 개수 및 색상은 아래 표(1) 및 그림(3)과 같다. 그래서 각 방향으로 화면상 존재하는 등화를 계산하여 현재

상대 선박의 상태를 구분별로 사람에게 알려주는 것까지 프로토타입에서 구현하였으며, 충돌위험 선박의 충돌을 회피하기 위해 방향을 계산하여 인간에게 알려주는 것은 추후 해상시험을 위한 프로그램 구현 시 실시할 계획이다.

<표 1> 선박 위치별 등화 현황

구분	마스트 등	측면현등 (좌우)	선미등	비고
멀어지는 선박	×	× ×	○	
충돌위험 선박	○	● ●	×	
좌측통과 선박	○	● ×	×	
우측통과 선박	○	× ●	×	



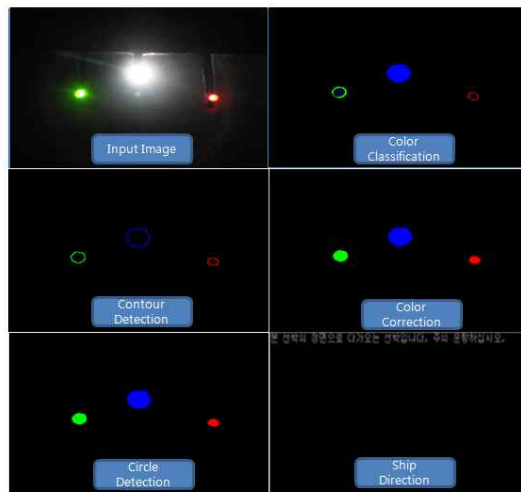
<그림 3> 선박 위치별 등화 현황

4. 실험 및 사용자 평가

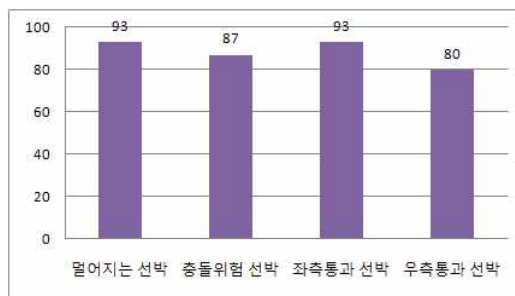
4.1. 실험

실험 환경은 크게 영상처리부(컴퓨터부)와 등화부로 나누어 구성하였다. 영상처리부는 연구실 개인 PC를 사용하여 MS Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였으며, 등화부는 선박과 동일한 불빛 위치를 구축하도록 3파이 LED를 설치하여 프

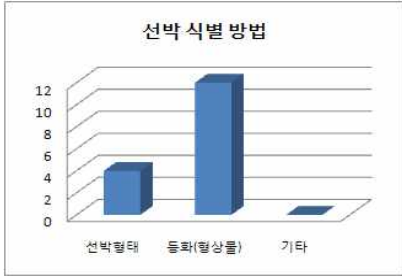
로토타입을 구현하였다. 일반적으로 등화는 제한된 시계의 상황(야간, 해무 및 기상악화 상황)에서 사용하도록 규정되어 있으므로[1], 밤을 가정하여 야간에 연구실에서 외부 빛을 차단하고 선박의 방향별(멀어지는 선박, 충돌위험 선박, 좌측통과 선박, 우측통과 선박) 각 15장(총 60장)의 사진으로 실험하였으며 실험 결과 화면은 아래 그림(4)와 같다. 전체 인식률은 88%였고, 각 부문별 인식률은 아래 그림(5)와 같이 나타났다. 그림(3)의 순서대로 멀어지는 선박부터 각각 93%, 87%, 93%, 80%로 나타났다. 충돌위험선박과 우측통과 선박의 인식률이 다른 방향에 비해 떨어지는 것을 알 수 있었으며 그 원인은 녹색색상 식별상의 문제로 판단된다. 색상식별 측면에서 수정이 필요하다는 것을 알 수 있었다.



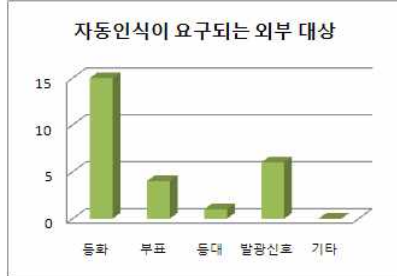
<그림 4> 실험 결과 영상(충돌위험 선박)



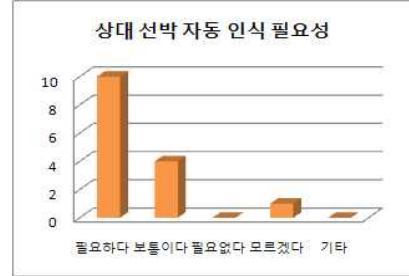
<그림 5> 선박 방향별 인식률



<그림 6> 선박 식별 방법



<그림 7> 외부대상



<그림 8> 자동 인식 필요성

4.2. 사용자 평가

사용자 평가는 1:1 설문조사를 수행하였으며 평가 대상은 조합경력 4년 이상이며 현재 조합분야 종사자를 대상으로 15명에 대해 실시하였다. 이해를 돕기 위해 위 그림(4)의 실험 결과 화면을 보여주며 설문조사를 실시하였다. 조사결과 그림(6)과 같이 레이더의 성능저하나, 고장 시 등화를 통해 선박의 방향을 인식하는 사람이 75%로 대다수를 차지하였다. 그리고 “선박 외부를 자동으로 인식한다면 어떠한 것이 적합니까?(복수응답 가능)”라는 질문에는 그림(7)과 같이 대상자의 58%가 등화를 대답하였으며, 23%는 선박에서 사용하는 발광신호라고 하였다. 또, 일부는 부표(15%), 등대(4%)라 답하였다. 그리고 실험결과화면을 보여주며 “상대 선박의 움직임을 자동으로 파악하는 체계가 필요합니까?”라는 질문에 대해서는 그림(8)과 같이 응답자의 67%가 필요하다고 답하였으며, 27%는 보통으로 답하여 90% 이상이 긍정적인 것으로 나타났다. 상기 설문 조사결과에서도 알 수 있듯이 실제 선박을 조합하는 사람들은 카메라를 이용한 선박 외부의 자동 인식에 대해서 긍정적이며 필요성을 인식하고 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 선박이 해상에서 카메라를 통해 입력된 상대 선박의 등화를 색상별로 분류하고 원형도 검사를 통해서 등화만을 분류, 인식하여 상대 선박의 상대적인 움직임을 예측하고 선박을 조합하는 사람에게 정보를 제공할 수 있는 체계를 제안하였으며, 실험실 환경에서 상대 선박의 4가지 방향별 선박 등화의 위치를 기준으로 실험하여 88%의 인식률을 얻을 수 있었다. 또한 항해경력이 있는 사람들을 대상으로 사용자 평가를 실시한 결과, 90%이상이 체계의 필요성을 긍정적으로 평가하고 있음을 알 수 있었다. 이번 연구한 체계는 순수 항

해안전을 위한 보조체계의 하나로 이 체계만으로 완벽한 항해 안전 기능을 행할 수 없을 것으로 생각되며, 타 체계인 Radar와 GPS 그리고 AIS 등과 통합체계를 만든다면 시너지효과를 낼 수 있을 것으로 생각되며 나아가 선박간의 충돌 사고를 미연에 예방할 수 있다고 생각한다.

그리고 이번 연구에서는 프로토타입을 구현하여 실험실 환경에서만 실험을 실시하였지만 나아가 실제 환경인 바다 위에서 실험을 진행할 예정이며, 또한 빛을 원형을 기준으로 인식하였지만 현실 세계에서의 다양한 빛 가운데 원하는 빛을 찾기 위해 다른 이론적 적용이 필요하다고 생각된다. 또한 등화의 위치를 통해 선박의 정확한 방향을 인식하기 위해서도 새로운 알고리즘 적용이 필요하다. 마지막으로 색상인식 측면에서 앞의 인식을 시험에서 나타난 것과 같이 녹색을 비롯해 다른 색상에 대해서도 추가적인 연구를 진행 할 예정이다.

참고문헌

- 1) International Regulations for Preventing Collisions at 1972, Part C LIGHT AND SHAPES
- 2) 정의운 등, “도로상황 인식을 위한 신호등 및 표지판 인식 시스템”, 한국자동차공학회 2005년도 춘계학술대회논문집, pp.527-531
- 3) Chiung-Yao Fang, Sei-Wang Chen, Chiou-Shann Fuh, “Road-Sign Detection and Tracking”, IEEE TRANSACTION ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL.52, NO.5, Sep.2003, pp.1329-1341
- 4) S.Vitabile, A.Gentile and F.Sorbello, “A Neural Network based Automatic Road Signs Recognizer”,

IEEE, 2002, pp.2315~2320

- 5) S.H.Hsu, C.L.Huang, "Road sign detection and recognition using matching pursuit method", Image and Vision Computing, 2001, pp.119~129
- 6) Uwe Franke, Dariv Gavrila, Steffen Görzig, Frank Lindner, Frank Paetzold, and Christian Wöhler, "Autonomous Driving Goes Downtown, IEEE Intelligent System", Vol.13, No.6, 1998, pp.40~48
- 7) Arturo de la Escalera, Luis E. Moreno, Miguel Angel Salichs, and Jose Maria Armingol, "Road Traffic Sign Detection and Classification", IEEE TRANSACTION ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, Vol.44, No.6, Dec.1997, pp.848~859
- 8) 정철호,한탁돈, "개선된 간단한 경계선 추적자 알고리즘", 정보과학회논문지:소프트웨어 및 응용, 33권, 4호, pp427-439, 2006
- 9) 정철호,서중훈,한탁돈, "추적조건 분석에의한 개선된 외곽선 추적 기법들", 한국정보과학회 2006년 추계학술대회, vol.33, No.2(B), pp.431-436, 2006.
- 10) 강동중 등, "Visual C++을 이용한 디지털 영상처리", 2003, 사이텍미디어, pp.261~274