해양환경안전학회지 제17권 제2호 pp. 131-136, 2011. 06. 30. (ISSN 1229-3431)
Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety

컴퓨터 비젼을 이용한 선박 교통량 측정 및 항적 평가

주기세* · 정중식**† · 김철승** · 정재용**
*, ** 목포해양대학교 해상운송시스템학부

The Vessels Traffic Measurement and Real-time Track Assessment using Computer Vision

Ki-Se Joo* · Jung-Sik Jeong**† · Chol-Seong Kim** · Jae-Yong Jeong**
*, ** Division of Maritime Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : 컴퓨터 비젼을 이용한 항행선박의 항적을 계산하고 교통량을 측정하는 방법은 해양사고의 예방관점에서 사고발생 가능성 여부를 예측해 볼 수 있는 유용한 방법이다. 본 연구에서는 컴퓨터 비젼을 이용하여 영상축소, 미분연산자, 최대·최소값 등을 이용하여 선박을 인식한 후 실세계 상에서의 좌표 값을 계산하여 실시간 항적을 전자 해도에 표시함으로서 해상 구조물과의 충돌여부를 직접 육안으로 확인 할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 알고리즘은 영역 정보를 기반으로 개발되었기 때문에 점 정보에 의존하고 있는 기존 레이더 시스템의 단점을 보완하는 장점을 지니고 있다.

핵심용어 : 미분연산자, 최대·최소값, 좌표값 계산, 교통량 측정, 안전성 평가

Abstract : *The furrow calculation and traffic measurement of sailing ship using computer vision are useful methods to prevent maritime accident by predicting the possibility of an accident occurrence in advance. In this paper, sailing ships are recognized using image erosion, differential operator and minimax value, which can be verified directly because the calculated coordinates are displayed on electronic navigation chart. The developed algorithm based on area information of this paper has the advantage which is compared to the conventional radar system focused on point information.*

Key Words : *Differential operator, Minimax value, Coordinate calculation, Traffic calculation, Safety evalution*

1. 서 론

지난 수 십년 동안 컴퓨터 비젼에 관한 연구는 문자 인식, 질병 진찰, 목표물 인식, 원거리 감시 등의 분야에서 많은 연구가 행해졌다. 또한 최근에는 해상에서 선박의 안전운항을 확보하고자 선박 인식 및 항적에 관한 관심이 높아지고 있다. 기존의 레이더 시스템은 점 정보만을 획득하여 선박의 정보를 판단한 것에 비하여 컴퓨터 비젼을 이용한 영역기반 인식 시스템은 영상정보를 획득하여 이것을 토대로 하여 고차원적인 정보를 추출하기 때문에 많은 장점을 지니고 있다(Dagless et al., 2006). 영역기반 영상을 대상으로 정보를 획득하기 때문에 기존의 레이더 시스템과는 달리 선박의 크기, 속력, 종류, 대기시간 및 길이 등의 정보 획득이 가능하다(Hoose, Neil 1992a; Hoose, Neil 1992b; Rourke and Bell, 1991; Sakai et al., 1990). 그러나 컴퓨터 비젼 시스템은 CCD(Charge Coupled Device) 카메라를 이용하여 영상정보를 파악하기 때문에 야간이나 눈, 비 등과 같은 주변 환경에 민감하기 때문에 사용하는데 한계를 지니고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 야간에는 열화상 카메라와 같은 보조 시스템을 이용할 수 있으나 이 또한 설치비용 및 가시거리의 측면에서 한계를 지니고 있다(Gruen and Huang, 2000; Trucco et al., 1998; Gomes and Mojsilovic, 2002). 따라서 컴퓨터 비젼 시스템으로서 한계성이 있기는 하지만 영역기반 영상을 대상으로 정보를 취득하여 인식하는 경우 고차원적인 정보 추출을 할 수 있고 이에 따른 장점을 가질 수 있다. 본 연구에서는 영상처리를 이용하여 통항하는 선박의 항적 및 교통량을 측정하기 위하여 진도대교위에 CCD 카메라를 바다 수면을 향하도록 설치하고자 한다. 선박 인식 및 교통량 측정 알고리즘은 획득된 영상으로부터 항해하는 선박을 수면과 분리하기 위한 알고리즘으로서 영상 분할과 특징점 추출에 의해서 4단계를 통하여 인식하게 된다. 수면을 항해하는 선박을 바다표면과 분리하여 선박을 인식하기 위한 선박 인식 알고리즘은 파도를 선박으로 인식하는 오류가 일어날 수 있기 때문에 정확한 알고리즘이 필요하다.

* 대표저자 : 정회원, jksjoo@mmu.ac.kr, 061-240-7167
† 교신저자 : 종신회원, jsjeong@mmu.ac.kr, 061-240-7173

따라서 미분 연산자, 최대 · 최소값, 영상 침식 등을 이용하여 새로운 알고리즘을 개발하였다(Cil and Radeva, 2005; Vlassis et al., 2000). 개발된 알고리즘을 통해 인식된 선박은 3차원 좌표 계산에 의해서 실세계 상에서의 좌표로 변환되어 해도 상에 그 항적을 표시해 볼 수 있다.

2. 좌표계 시스템 및 좌표 계산

2.1 좌표계 시스템

실세계 상에 위치한 물체의 3차원 정보를 추출하기 위해서는 Fig. 1에 표시된 바와 같이 카메라 좌표계, 스크린 좌표계, 그리고 월드 좌표계의 3개의 직각(Cartesian) 좌표 시스템을 정의하여 사용한다.

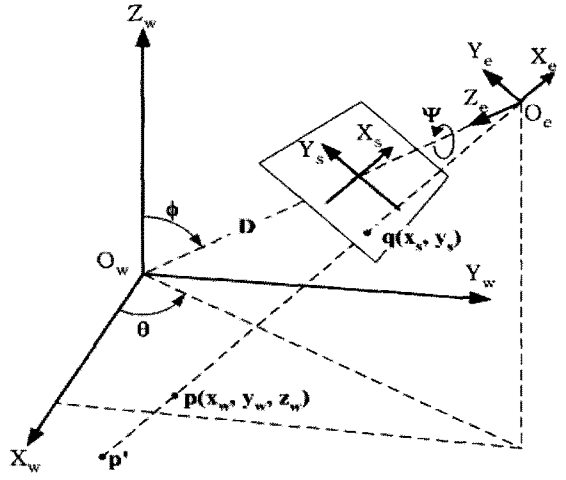

Fig. 1. The coordinate system.

첫 번째 좌표계인 카메라 좌표계는(x_e, y_e, z_e)는 카메라의 초점에 정의되는 좌표계로서 카메라의 시축을 z_e축으로 하고 x_e와 y_e축은 z_e축에 따라 왼손법칙에 따라 결정된다. 이 좌표계에서 x_e, y_e축은 아래에서 정의한 스크린 좌표계의 x_s, y_s축과 평행하며 같은 방향으로 정의된다.

두 번째 좌표계인 스크린 좌표계(x_s, y_s)는 카메라로 잡은 영상을 비전 시스템으로 처리하기 위하여 설정되는 좌표계이며, 화면상의 중앙점에 해당하는 이미지 센터(Image center)를 원점으로 하고 화면에 수평하게 x_s축을 잡고 이에 수직한 축을 y_s축으로 정의한다.

세 번째 좌표계인 월드 좌표계(x_w, y_w, z_w)는 실공간상에 위치한 물체를 위하여 정의된 좌표계로써 x_w, y_w, z_w축이 오른손 법칙에 의해서 정해진다. 물체의 3차원 위치 및 자세를 측정하기 위해서는 영상내의 임의의 한 점이 월드 좌표계상의 어느 점에 해당하는가를 알아내는 역투영(Back projection)방법을 알아야 한다. 위에서 정의한 스크린 좌표계, 카메라 좌표계, 그리고 월드 좌표계 사이의 관계에 의해서 스크린 좌표계 내의 임의의 한 점에 해당하는 월드 좌표계 상의 위치를 결정하게 된다.

2.2 실세계 좌표계 상에서의 좌표계산

스크린 좌표계의 한 점에 대응하는 월드 좌표계의 위치는 스크린 좌표계, 카메라 좌표계, 그리고 월드 좌표계 사이의 관계를 나타내는 아래의 식 (1)과 식 (2)에 의해서 결정된다. 식 (1)은 스크린 좌표계와 카메라 좌표계 사이의 관계를 나타낸다. 그러므로 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 스크린 좌표계에서 추출된 특징점의 스크린 좌표를 월드 좌표계 상의 좌표 값으로 변환하여 3차원 공간상에 놓여 있는 물체의 위치 및 자세를 측정하게 된다(Kang and Szeliski, 2001; Oualline, 2001; Yamashita and Kubota, 2001).

$$x_e = x_s \cdot z_e / d \qquad y_e = y_s \cdot z_e / d \tag{1}$$

여기서, d : 초점 거리(Focal length).

$$\begin{pmatrix} x_e \\ y_e \\ z_e \\ 1 \end{pmatrix} = (x_w, y_w, z_w, 1) \cdot \begin{bmatrix} -\sin(\theta) & -\cos(\theta)\cos(\phi) & -\cos(\theta)\sin(\phi) & 0 \\ \cos(\theta) & -\sin(\theta)\cos(\phi) & -\sin(\theta)\sin(\phi) & 0 \\ 0 & \sin(\phi) & -\cos(\phi) & 0 \\ 0 & 0 & d & 1 \end{bmatrix} \tag{2}$$

여기서, θ는 Pan각, ϕ는 Tilt각을 나타낸다.

3. 선박 인식 및 검출알고리즘

3.1 물체 인식과정

일반적으로 물체인식은 먼저 획득된 영상으로부터 노이즈를 제거한 후 배경과 물체를 분리하는 과정 즉 이미지 분할과정을 거친다. 이미지 분할 후 물체를 이루는 모든 에지 정보는 처리 시간 때문에 비효율적이기 때문에 물체를 나타내는데 필요한 중요 특징만을 추출하는 특징 점 추출과정을 거치게 된다. 그리고 추출된 특징 점의 스크린 좌표를 추출한 후 실세계 좌표 상에서의 3차원 정보를 계산한다. 영상처리를 이용한 물체 인식 및 좌표 계산 과정은 Fig. 2와 같다.

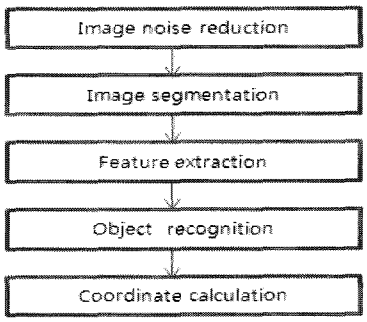

Fig. 2. The object recognition flow.

3.2 선박 검출 및 인식 알고리즘

선박 인식 및 검출 알고리즘은 바다를 항해하는 선박을 수면과 분리하기 위한 알고리즘으로서 영상 분할과 특징점 추출에 의해서 4단계를 통하여 행해지는데 요약하면 Fig. 3과 같다. 특

히, 칼라 영상을 나타내는 3원색(적, 녹, 청; RGB)은 처리하는 데 많은 시간이 소요되고 메모리를 많이 차지하기 때문에 메모리 점유 및 처리시간을 줄일 수 있는 흑백 영상으로 변환하여 사용하였다. 화면상에서 노이즈 및 에러에 의한 인식오류를 막기 위하여 영역 분할과정에서 인식된 물체의 화면상에서의 좌·우 폭의 크기가 10 화소 이하는 선박이 아니기 때문에 노이즈 및 에러로 처리하였다.

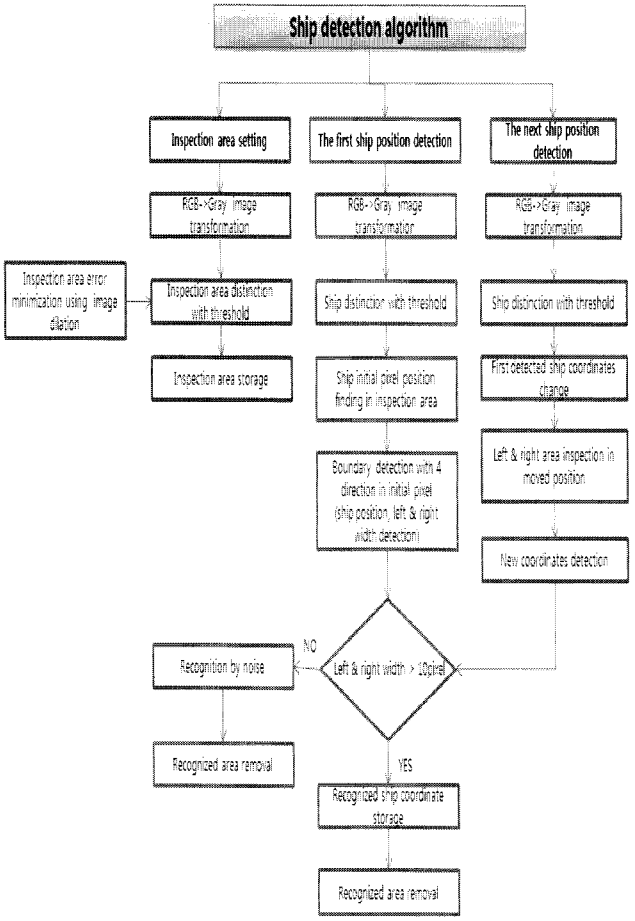

Fig. 3. The ship detection algorithm.

한편, 수면을 항해하는 선박을 바다표면과 분리하여 선박을 인식하기 위한 선박 이미지 영역 검출 알고리즘은 파도를 선박으로 인식하는 오류가 일어날 수 있기 때문에 정확한 알고리즘이 필요하다. 따라서 선박 인식 알고리즘은 복잡한 과정을 거치는데 정리하면 다음 4단계를 통하여 선박을 인식하게 된다.

(1) 단계 프레임(Frame)간 검사 영역 설정
① 동영상을 로드한 후 첫 프레임에서 검사할 영역을 구분.
② RGB(Red, Green, Blue) 영상을 흑백 영상으로 변환.
③ 문턱 값(Threshold)을 설정하여 바다와 다른 영역을 구분.
④ 영상의 노이즈를 제거하기 위하여 8연결 연산자를 사용하여 이웃하는 화소 중에서 하나라도 문턱 값 아래의 값을 가지면 영역 화소 값을 0으로 인식하는 침식(Image erosion)을 통해 검사 영역의 오류 줄임.
⑤ 두 번째 프레임에서부터 검사 할 영역을 저장.

(2) 단계 선박 이미지 영역 검출 방법
① 두 번째 프레임에서 RGB 영상을 흑백 영상으로 변환.
② 문턱 값을 설정하여 바다와 선박을 구분.
③ 바다위의 선박의 첫 번째 위치 검출.
④ 첫 번째 프레임에서 구한 검사할 영역의 화소를 검사.
⑤ 식 (3)의 미분 연산자를 이용하여 선박의 인식 및 위치 검사.
⑥ 검출 된 현재 위치에서 4 방향으로 물체의 외부 경계를 검색하여 탐색된 물체의 경계의 폭과 높이가 문턱 값을 넘지 않으면 물체로 인식하지 않고 노이즈로 판별.
⑦ 문턱 값을 넘으면 물체로 인식하고 저장하고 검출된 물체를 첫 번째 위치로 인덱스(Index).

$$\triangle f(x,y) = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} + \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \tag{3}$$

여기서, $\triangle f(x,y)$는 화소 x, y에서의 미분 값.

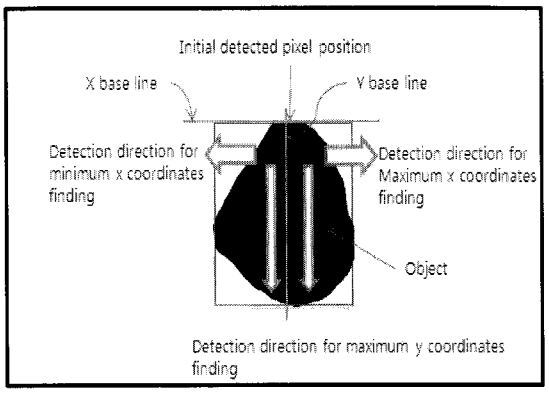

Fig. 4. The position searching method of initial object.

(3) 단계 인식된 물체의 최대·최소의 x, y를 구하는 방법
① 획득된 영상에서 초기 검출된 화소 위치를 최소값 y로 저장.
② 최대값 y를 구하기 위해서 x 기준선을 기준으로 해서 y축 방향으로 검색하여 최대값 y위치를 구함.
③ 최소값 x를 구하기 위해서 y 기준선을 기준으로 -x방향으로 최소값 x위치를 구함.
④ 최대값 x를 구하기 위해서 y 기준선을 기준으로 +x방향으로 최대값 x위치를 구함.
⑤ 검출된 영역 내에 있는 선박을 다시 인식하지 못하도록 내부적으로 영역 삭제.

(4) 단계 두 번째 위치부터 선박 검출 방법
① 첫 번째에서 검출한 위치를 기준으로 폭과 높이에 가중치를 더한 영역의 픽셀 검사.
② 그 영역에서 x의 최대·최소값과 y의 최대·최소값을 구하여 검출된 위치를 선박의 새로운 좌표로 저장.

4. 실험결과

4.1 실험의 개요

전남 진도군 명량수도의 진도대교 근접하고 있는 조력실험 발전소를 통과하는 선박들의 교통량을 측정하고 통항선박과 발전시설물과의 이격거리 측면에서 항적을 평가하기 위한 목적으로 실험이 이루어 졌다. 진도대교 위에서 디지털 캠코더를 삼각대 위에 고정시킨 후, 위치 및 카메라 자세를 변경시키지 않고 12시간(2010년 7월 12일 07:00~19:00) 동안 교통량을 관측하였다. 관측된 시간 동안 예부선을 포함하여 7척의 잡종선 들이 포착되었다. Fig. 5는 실험대상 해역에 위치한 진도대교와 좌측편에 조력실험 발전시설의 전경을 보여준다. Fig. 6은 전자해도상에 표시한 실험대상 해역을 나타낸다.

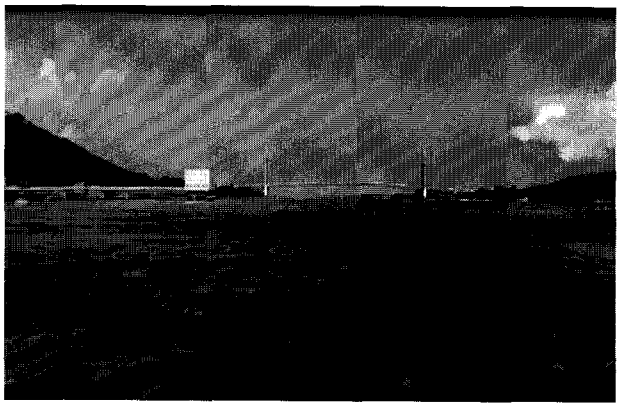

Fig. 5. A picture of Jindo Bridge Area.

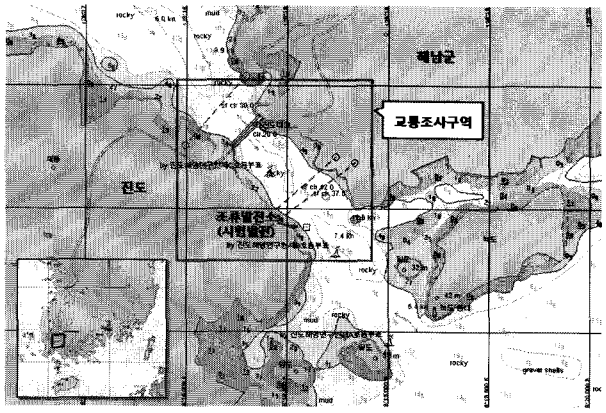

Fig. 6. The experimental area marked on electronic navigational chart.

4.2 실험결과

Fig. 7은 진도대교 방향으로 접근하고 있는 예부선에 대한 사진으로 카메라에 의하여 인식된 그림이다. 관측기간 동안 관측된 7척의 선박에 대해서 모두 정확히 인식하여 Fig. 3에 의한 선박인식 및 탐지 알고리즘에 의하여 실세계 상에서 정확하게 위치 정보를 획득하였다. Table 1은 선박 인식 및 위치 검출 알고리즘을 통하여 인식된 7척의 배들의 화면상의 좌표와 실세계 상에서의 위치 정보를 나타내었다. Table 1에서 카메라를 조력실험 발전소와 y축으로 평행하게 설치하였기 때문에 x 좌표값만으로 거리 비교를 하였다. Table 1에서 1과 2열은 조류실험 발전소와 인식된 선박들의 스크린 좌표계 상에서의 x 좌표값들을 나타내며 3열은 1열 과 2열의 차를 나타내며 마지막으로 4열은 3열을 월드 좌표계 상에서 계산한 실제 거리를 나타낸다. Table 1에 나타난바와 같이 항해하는 선박들과 조류실험 발전소의 평균거리는 50 m 정도이고 가장 가까운 거리도 32 m로서 선박 통항에 문제가 없음을 알 수 있다.

Fig. 7. The recognized tugboat and flotage image.

Table 1. The distance between the sailing ship and the installed power plant

	Power plant x coordinate	Ship x coordinate	Difference (0.5m/pixel)	Real distance (m)
1	432	293	139	69.5
2	432	310	122	61.0
3	432	338	94	47.0
4	432	331	101	50.5
5	432	354	78	39.0
6	432	368	64	32.0
7	432	332	100	50.0

Fig. 8은 Table 1에 나타난 선박들이 통항하는 모습을 영상에 담아 실시간으로 관측되는 위치에 의하여 이루어지는 영상 항적을 카메라 영상에 매핑한 것이다. Fig. 9는 관측된 선박의 위치를 전자해도 상에 나타낸 그림이다.

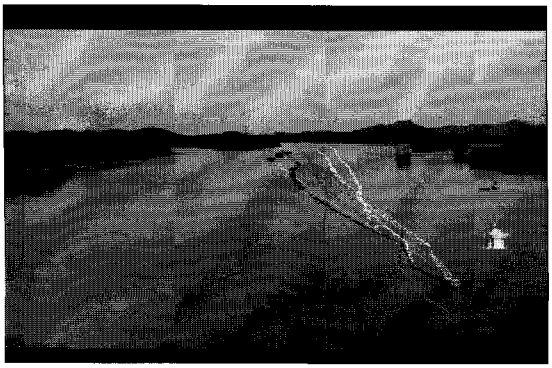

Fig. 8. The tracks of ships from the captured images.

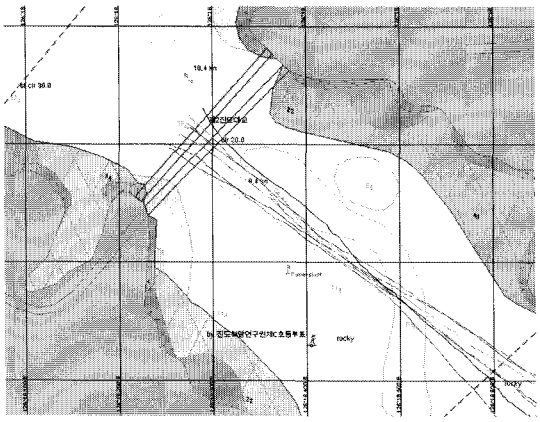

Fig. 9. The ship tracks on the marine chart.

Fig. 10은 선박 통항량을 측정하기 위하여 카메라 관측시간과 동시간대에서 설치한 AIS(Automation Identification System) 교통류 항적관측 장치에 의한 12시간 동안의 항적을 나타낸 그림이다. 해당하는 선박에 대한 AIS 위치와 제안된 알고리즘에 의하여 계산된 위치를 비교한 결과 수 미터의 정도의 범위내의 오차로 잘 일치하고 있는 것으로 판단된다. 또한 관측선박들은 제안된 방법에 의하여 계산된 후, 표시된 항적으로부터 통항하는 배들이 시설로부터 평균 50미터 정도 떨어져 통항하고 있는 것으로 밝혀졌다.

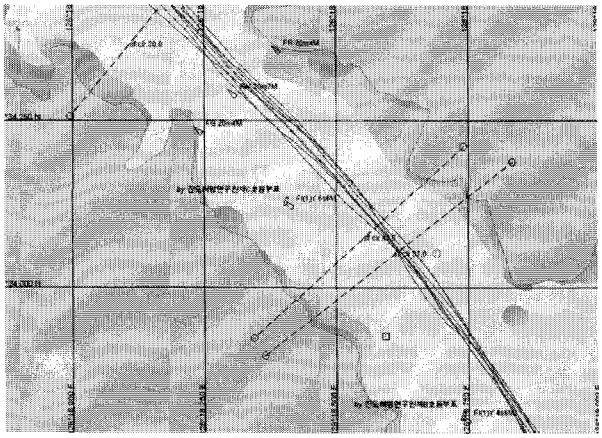

Fig. 10. Sea traffic pattern by AIS over 12 hours.

5. 결 론

본 연구에서는 영상처리를 이용하여 통항하는 선박의 항적 및 교통량을 측정하기 위하여 4단계의 영상처리를 통하여 선박을 인식하는 알고리즘을 개발하였다. 특히 칼라 영상을 나타내는 3원색을 처리하는데 많은 시간이 소요되고 대규모 메모리를 차지하기 때문에 메모리 점유 및 처리시간을 줄일 수 있도록 흑백 영상으로 변환하여 사용하였다. 또한, 수면을 항해하는 선박을 바다표면과 분리하여 선박을 인식하기 위한 선박 인식 알고리즘은 파도를 선박으로 인식하는 오류가 일어날 수 있기 때문에 정확한 알고리즘이 필요하다.

따라서 미분 연산자, 최대·최소값, 영상 침식 및 팽창 등을 이용하여 새로운 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘을 통해 인식된 선박은 3차원 좌표 계산에 의해서 실세계 상에서의 좌표로 변환하여 해도 상에 표시할 수 있다. 그 결과로써 선박의 통항 안전성 평가에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 연구에서 개발된 알고리즘에 의한 선박위치와 AIS 시스템에 의한 위치를 비교한 결과 수 미터의 오차 범위 내에 있는 것을 확인할 수 있었다. 영상을 이용한 해상 교통량 측정 및 항적 추적 방법은 영역 정보를 이용한다는 점에서 선박의 크기, 종류, 속도 등의 고급 정보들이 획득 가능하기 때문에 기존의 점 정보에 의존하는 다른 시스템들에 비해 장점을 지니고 있다.

향후, CCD 카메라 시스템은 야간이나 눈, 비 등과 같은 자연환경에 민감하기 때문에 상호 보완이 가능한 열화상 카메라 시스템과 통합한 후 기존 레이더 또는 AIS시스템과 통합 영상 시스템이 결합된 시스템을 구축함으로써 기존의 점 정보 때문에 추출하지 못했던 정보들을 추출할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] Cil, Debora and Petia Radeva(2005), "Extending anisotropic operators to recover smooth shapes", Computer Vision and Image Understanding, Vol. 99, No. 1, pp. 110-115.

[2] Dagless, E. L., A. T. Ali, and J. Bulas Cruz(2006), "Visual Road Traffic Monitoring and Data Collection", IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, October, pp. 146-153.

[3] Gomes, J. and A. Mojsilovic(2002), "A VARIATIONAL APPROACH TO RECOVERING A MANIFOLD FRAME SAMPLE POINTS", Computer Vision-ECCV 2002, 7th European conference on computer vision part 2, pp. 50-65.

[4] Gruen, Armin and Thomas S. Huang(2000), "Salibration and orientation of cameras in computer vision", Springer, pp. 112-134.

[5] Hoose, Neil(1992a), "Automatic Traffic Monitoring From

Video Images", Proceedings 15th Aaab Conference, Part 6. pp. 1826-1835.

[6] Hoose, Neil(1992b), "IMAPACTS : An image analysis tool for motorway surveillance", Traffic. Engineering Control. pp. 90-96.

[7] Kang, S. B. and Szeliski(2001), "Handing occlusions in dense multi-view stereo", IEEE computer society conference of computer vision and pattern recognition, vol. 2, No. 1, pp. 91-103.

[8] Oualline, Steve(2001), "Prectical C++ Programming", O'REILLY, pp. 184-230.

[9] Rourke, A. and M. G. H. Bell(1991), "Queue detection and congestion monitoring using image processing", Traffic Engineering Control, pp. 123-130.

[10] Sakai, Kunio, Yoshiyuki Ito, Takao Negishi, Masatoshi Deguchi, Kazuto Nishiyama and Kenji Kato(1990), "In-Tunnel Traffic Flow Measuring System Using an ITV Camera", Sumitomo Electric Technical Review No. 29, pp. 1253-1261.

[11] Trucco, Emanuele and Alessandro Verri(1998), "Introductory Techniques for 3-D Computer Vision", Prentise-Hall, pp. 343-351.

[12] Vlassis, S., K. Doris, S. Siskos and I. Pitas(2000), "Analog implementation of erosion/dilation, median and order statistics filter", Pattern Recognition, vol. 22, No. 6, pp. 1023-1032.

[13] Yamashita, Y. and M. Kubota(2001), "Image of elastic modules of incompressible biological soft tissue from a knowledge of displacement measurements", IEEE International Conference on Image Processing Vol. 5, No. 1, pp. 325-336.

원고접수일 : 2011년 02월 11일
원고수정일 : 2011년 03월 21일 (1차)
2011년 04월 04일 (2차)
게재확정일 : 2011년 06월 23일