

# 예인선 조기 식별을 통한 항로표지시설 충돌 방지 시스템 개발 연구

한주섭\* · 유용수\*\* · 박태근\*\*\* · † 김화영

\*한국항로표지기술원 기술연구소 수석연구원, \*\*한국항로표지기술원 기술연구소 차석연구원,

\*\*\*한국항로표지기술원 기술연구소 책임연구원, † 목포해양대학교 해상운송학부 교수

## A Study on the Development of the Collision Prevention System for Aids to Navigation by Early Identification of the Tug Boat

Ju-Seop Han\* · Yong-Su Yu\*\* · Tae-Keun Park\*\*\* · † Hwa-Young Kim

\*Chief Researcher, R&D Center, Korea Institute of Aids to Navigation, Sejong-si, 30100, Korea

\*\*Vice-Chief Researcher, R&D Center, Korea Institute of Aids to Navigation, Sejong-si, 30100, Korea

\*\*\*Principal Researcher, R&D Center, Korea Institute of Aids to Navigation, Sejong-si, 30100, Korea

† Professor, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 58628, Korea

**요 약** : 항로표지는 선박에 대하여 등광, 형상, 색채, 음향, 진파 등을 수단으로 운항 선박에게 위치, 방향 및 장애물의 위치 등을 알려주는 항행보조시설 일체를 의미하며, 주야간 선박항행의 안전을 위한 기본 수단이다. 예인선은 안전을 위해 종류별 최소 설비요건을 마련하여 사고를 대비하고 있지만, 예인선의 길이, 조류의 영향, 상대적으로 중량이 큰 부선의 타력으로 인한 영향 등으로 예인선과 선회권이 달라, 변침 시 부선이 예인선을 따라가지 못하여 등부표와 충돌하는 사고가 발생하기도 한다. 본 연구의 목적은 두 선박의 물리적 관계를 분석하여 예인선열을 식별하고 등부표와의 위험을 항로표지 관리운영 시스템을 통해 전파하는 기초 시스템을 제시하는데 있다. 연구를 통해 예부선의 사전 식별 가능성을 확인하였고, 위험 전파를 위한 메시지를 설계하고 모의 시스템을 통한 위험 전파 및 전파해도 상에 위험을 표시하였다.

**핵심용어** : 항로표지, 예부선, 충돌, 예인선열, 등부표

**Abstract** : Aid to navigation is a navigational aid facility that informs a sailing vessel of its location and direction as well as a location of a specific obstacle by means of a light, shape, color, sound, radio wave, etc. It can be valuable in improving the safety of day and night vessel navigation at sea. For the safety of the tug boat, the minimum equipment requirements for each type of tug boat are arranged. Despite these preparations, the collision accidents between tug boats, barges, and light buoys can occur when the tug boat turns due to the length of the tow-line, tidal current, and the barge's momentum etc. The purpose of this study was to propose the basic system that analyzes the physical relationship between two vessels regarding the tug boat-barge-light buoy dynamics and propagate the corresponding data through the aid to navigation management & operation systems in use at each regional oceans and fisheries.

**Key words** : Aids to Navigation, Tug-boat, Collision, Towing Ship Line, Lighted Buoy, Beacon

### 1. 서 론

항로표지는 선박의 안전 운항을 돕기 위해 다양한 위치에 그 목적에 맞는 종류, 등질 특성 등을 고려하여 설치되어 운영되고 있다. 특히 연안을 항행하는 중소형 연안선박, 어선 등이 항로표지 이용 빈도가 높다. 또한 부선을 밀거나 끄는 예인선도 항로표지를 활용하여 선박을 운항하고 있다.

예인선으로 연결된 예부선의 운항은 제약이 많고, 또한 부선의 이동 항적은 예인선의 항적과 동일하지 않기 때문에 부선의 항적에 의한 위험을 고려하여야 한다. 특히, 입출항 항로의 변곡점에 설치된 등부표를 근접하여 운항하면서, 다음 등

부표를 보고 예인선이 근접 거리에서 바로 변침하는 경우에는 부선이 등부표와 충돌하는 사고가 발생하게 되므로, 예인선열을 미리 판단하여 이러한 충돌 위험을 회피할 수 있도록 지원 하는 시스템이 필요하다. 충돌에 의한 항로표지의 기능 장애 시에는 운항 선박의 항로 이탈 등 선박항행에 위험을 초래할 수 있기 때문에 대규모 손재로 이어질 가능성이 있다.

예인선에 관련된 연구를 살펴보면, 피예인선의 거동을 결정 짓는 예인선의 힘과 작용지점의 해석(Nam, 2013)으로 피예인선을 초기위치로부터 목표위치로 예인할 때 예인지점 및 예인 방식에 따른 예인력 계산 연구가 있다. 그리고 강조류에서 중량물 운반 부선의 예인력에 대한 연구(Kim, 2011)에서는 조류

† Corresponding author : 종신회원, hwayoung@mmu.ac.kr 061)240-7195

\* 정회원, elecwave@katon.or.kr 070)8611-9549

\*\* 정회원, dragew@katon.or.kr 070)8611-9548

\*\*\* 정회원, taekunpark@katon.or.kr 070)8611-9547

속도를 추정하고, 부선을 예인하기 위한 적절한 예인력을 산출하고 주위 기상 상황 하에서의 부선의 예인 안전성 확보 방안을 제시하였다. 또한 선수형상이 다른 부선의 예인안정성에 관한 연구(Lee, 2016)에서는 부선의 침로안전성을 향상시키기 위한 방안으로 부선의 회두운동에 영향을 미치는 항목을 조사하고 이들에 의한 영향을 종합적으로 분석하였다. 한편 Oh(2012)는 예부선 사고를 관제화면을 통해 분석하고 현장사진 위주로 실제적인 예부선의 조종특성과 항행상의 문제점을 분석하여 예부선을 주요 항행위험 유발선박으로 인식하여 관제 우선 선박으로 관리하는 것이 중요하다고 강조하였다. 또한 Jung(2008)은 강풍 시, 항내 접근 선박에 대한 적정 예인선 운용에 대한 연구에서 저속운행 상황의 실습선 한바다호를 기준으로 풍압력과 표류각을 산출하고 이에 대응하는 대응 타각을 분석하였다. Yoon(2007)은 교각과의 충돌방지에 도움이 되는 등화에 대해 사용자 시각에서 분석하여 등화의 개선방안에 대해 기술하였다. Lee(2007)은 부산항 진입항로의 만곡부에 대해 예인선 및 예부선 통행 확보 방안에 대해 연구하기도 했다. 한편 Jo(2019)의 AIS(Automatic Identification System) 데이터 분석을 통한 선박 운항 패턴 분석에서 예부선 식별의 가능성을 보여 주었다.

위에서 살펴본 기존 연구의 경우 다양한 경우를 고려한 예인력 계산 및 부선의 침로안전성에 관한 연구들이었다. 이런 연구는 기상 조건 및 부선의 운반 중량에 따른 안전한 예인 방법과 사고 선박의 구난작업 시 예인선의 배치 등에 적용이 가능하리라 보인다. 그리고 관제화면 및 현장사진 분석을 통한 예부선의 조정특성에 관한 연구는 관제사의 인식 개선과 관제 업무에 도움이 되리라 보인다. 또한 풍압력이 크게 작용하는 대형선의 항내조건 시 예인선 운용에 도움이 될 연구들도 진행되었다.

하지만, 예부선 운항 정보 관리 시스템이 미흡한 현재의 경우, 두 선박의 물리적인 관계만으로 예인 상황을 인지하는 방안이 필요하며, 이를 통해 예인선열을 식별하여 예인선과 부선 사이를 통과하여 발생하는 해양사고를 예방하고, 부선의 영향으로 발생할 수 있는 등부표 충돌과 같은 사고 예방에 도움이 되고자 한다. 기존 많은 연구에서는 예인선의 운용과 부선의 안전을 위한 장력 계산 등으로 예인선 차체의 운용 안전치중하였으나, 예인선과 부선의 항적 차이 등에 의한 부선의 충돌, 접촉 등의 연구는 미진하였다. 또한 예인선열 전체를 식별하지 못하여 예인선과 부선을 다른 운항 선박으로 인지하여 예인선 위를 통과하면서 생기는 어선 사고 등에 대한 연구도 미진하다. 본 연구를 통해 예인선을 조기 식별하여 항로표지 운영관리시스템을 통해 위험을 전파 한다면 유사한 사고의 예방에 도움이 될 것이다.

본 연구의 목적은 지방해양수산청에서 항로표지 운영관리 시스템이 운영되고 있으므로 이를 활용하여 식별된 예인선열에 대한 위험을 전파하는 방안을 제시하는데 있다.

## 2. 예부선 식별 방안 구축

### 2.1 예인선 운항 해양사고 사례

Fig. 1은 부산 신항에서의 부선에 의한 부이 충돌사고이다. 변침 시 선미에서 끌려오는 부선이 예인선의 항적과 일치하지 않는 현상으로 변침점에서 부표에 근접한 지점에서 변침 항해하여 부선이 충돌한 사고이다. 주요 변침점에 설치된 부이와 부선의 충돌이 주요 사고임을 알 수 있다.

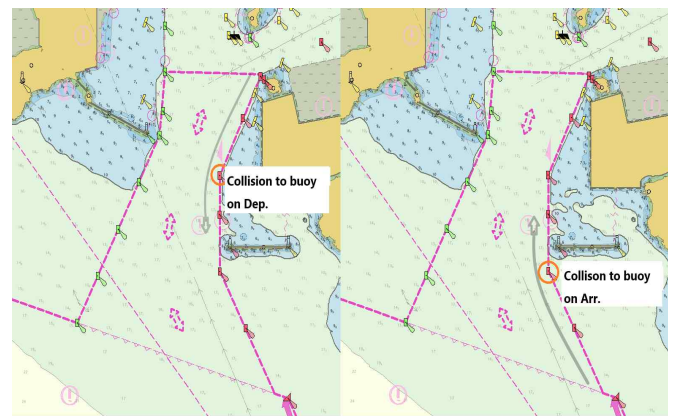


Fig. 1 Collision Accidents to buoy at Busan New Port

Table 1에서 해양안전심판원의 5년간(2014~2018) 예인선 관련 주요 해양사고를 보면, 접촉 사고의 비율은 낮으나, 등부표 충돌에 의한 항로표지의 기능 장애 시에는 운항 선박의 항로 이탈 등 선박항행에 위험을 초래할 수 있기 때문에 대규모 손해로 이어질 가능성이 있다. 그리고 등부표 수리를 위해 표지정비선의 운항으로 인한 과대 예산 지출 등 비용적인 손실이 발생하게 된다. 항로표지 손실 또는 기능 장애는 단순한 설비장애에 그치는 것이 아니라는 인식의 개선이 필요하다.

Table 1 Number of Marine Accidents related to Tug - Barge(2014~2018)

(Unit: No.)

Year	Collision	Minor Collision	Grounding	Others
2014	29	5	7	61
2015	22	3	3	66
2016	19	3	3	52
2017	18	3	9	61
2018	28	3	6	74
Sum	116	17	28	314

Source : Korean Maritime Safety Tribunal, 2019

Fig. 2는 입출항을 위한 측방표지의 유실에 의한 일시적인 등부표 기능 정지로 2017년 대형 컨테이너선이 인천항 입항 도중 좌초하여 추가적인 대형 사고로 이어지는 사례를 보여 주고 있다. 등부표의 장애는 단순히 등부표 설비의 운영중단에 그치는 것이 아니라 선박 안전운항에 막대한 영향을 주고, 특히 입출항 선박이나, 연근해의 소형선, 어선 등의 등부표 의존도는 상당히 높기 때문에 IALA(International Association of Lighthouse Authorities)에서도 항로표지 운영률 99.8%를 요구하고 있다.

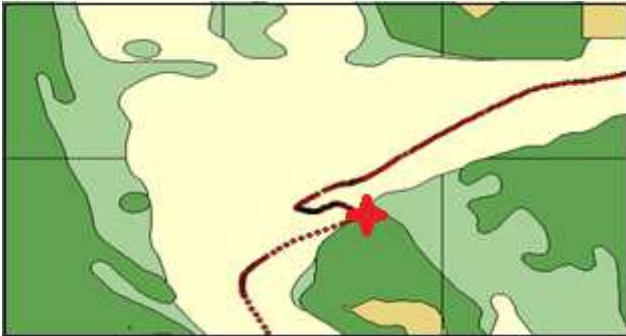


Fig. 2 Grounding Accident at Incheon Port

2.2 예인선 식별 방안

예부선 식별의 초기 단계로, CPA(Closest Point of Approach) 계산을 적용하고자 한다. 예부선 관계는 선박의 추월상태와 동일한 상태를 유지하기 때문에 Fig. 3과 같이 간단한 CPA계산을 통해 후보 선박군을 수집하고 양 선박의 물리적 관계를 지속적으로 분석하는 과정을 반복하여 후보군을 유지한다.

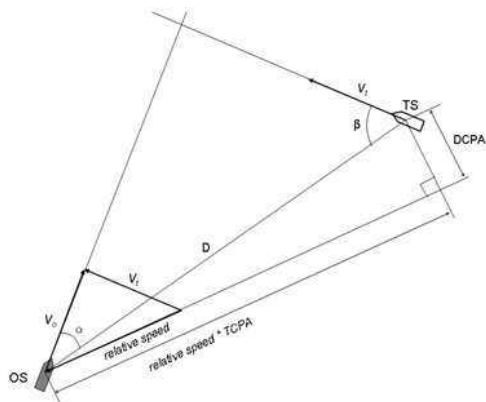


Fig. 3 CPA between two approaching vessels

선박간 거리와 속도 및 상대방위로 식(1)을 이용하여 DCPA를 구하고, 식(2)를 이용하여 TCPA를 구할 수 있다.

$$DCPA = \frac{D(V_o \sin \alpha - V_t \sin \beta)}{\sqrt{V_o^2 + V_t^2 + 2V_o V_t \cos(\alpha + \beta)}} \quad (1)$$

$$TCPA = \frac{D(V_o \cos \alpha - V_t \cos \beta)}{\sqrt{V_o^2 + V_t^2 + 2V_o V_t \cos(\alpha + \beta)}} \quad (2)$$

- 여기서,  $D$  : 양 선박간 거리(N. Miles)
- $V_o$  : 자선의 속도(Knots)
- $V_t$  : 타선의 속도(Knots)
- $\alpha$  : 자선에서 보는 타선의 상대방위(radian)
- $\beta$  : 타선에서 보는 자선의 상대방위(radian)
- $DCAP$  : distance to CPA(N. Miles)
- $TCAP$  : time to CPA(hours)

아래의 관찰에 사용된 후보 선박군은 실제 선박간의 상황이 확인된 각각의 조우 상태별 5건의 위치 정보를 활용하여 관찰된 내용의 값이다.

1단계에서 수집된 후보군의 선박간 거리의 평균 및 표준편차를 분석하여 표준편차가 평균 거리의 일정량 이상인 경우 후보군에서 제외한다. 단, 평균 거리는 예인선 최소 설비요건의 최소 예산삭 길이의 2배를 최대 길이로 하여 1,600미터 미만인 후보군을 형성한다. Table 2에서 각 선박의 조우 상황별 선박간 평균거리의 표준편차 비율을 나타내고 있다. 표에서 보듯이 예인 상황인 경우 선박간 평균 거리의 표준편차는 평균 거리 대비 1.05% 정도를 유지하고 있다.

Table 2 Standard deviation of distance between vessels by vessel's encounter situation

(Unit: Ratio)

No.	Tug	Over taking	Crossing	Head on
1	0.85	7.03	44.24	58.03
2	1.27	4.18	55.00	59.53
3	0.70	15.93	65.27	59.45
4	0.83	17.33	43.05	58.05
5	1.58	11.86	62.03	63.58
Avg	1.05	11.27	53.92	59.73

각 선박의 평균 침로의 차이로 후보군을 유지한다. Table 3에서 보듯이, 예부선인 경우 평균 침로는 비슷하게 나타나고 그 차이는 5도 미만인 것으로 나타나고 있다. 추월관계인 경우도 8도 정도를 보이고 있다.

그리고 예부선 관계인 경우 부선에서의 예인선의 상대방위로 판단의 중요 요소가 될 것이다. 상대방위가 거의 선수 중앙에 위치하고 있음을 Table 4에서 알 수 있다. 교행이나 대립시에도 적은 각도의 상대방위가 나타날 수 있고, 특히 대립관계 때는 예부선보다 적은 값을 보인다.

Table 3 Difference of course between vessels by vessel's encounter situation

(Unit: Degree)

No.	Tug	Over taking	Crossing	Head on
1	6.5	1.9	19.7	165.5
2	3.2	7.3	146.3	176.3
3	5.2	10.8	127.9	176.0
4	6.1	7.6	101.2	174.3
5	2.4	12.9	130.9	178.0
Avg	4.7	8.1	105.2	174.0

Table 4 Relative bearing of Tug boat from barge by vessel's encounter situation

(Unit: Degree)

No.	Tug	Over taking	Crossing	Head on
1	4.8	30.3	-7.9	1.4
2	6.1	22.2	2.1	-2.9
3	-1.6	21.3	-17.8	-0.7
4	3.6	25.8	-0.4	3.1
5	-1.4	-45.6	5.6	-2.7
Avg	2.3	10.8	-3.7	-0.4

또 다른 요소로써, 양 선박의 평균 속도 차이가 있다. 예부선의 경우 선박의 평균 속도는 동일하기 때문에 그 차이는 0에 가까운 값이 나타날 것이다. 아래의 Table 5에서 그 내용을 확인할 수 있다. 속도 차는 조우 상황과 무관하게 각각의 선박마다 다르나, 예부선의 관계에서는 0.5미만의 일관된 차이를 보인다.

Table 5 Difference of speed between vessels by vessel's encounter situation

(Unit: Knots)

Min.	Tug	Over taking	Crossing	Head on
1	0.1	0.2	0.5	3.0
2	0.1	5.1	3.9	5.2
3	0.1	0.3	6.0	0.4
4	0.1	0.2	9.8	1.2
5	0.5	0.1	3.2	1.0
Avg	0.2	1.2	4.7	2.2

위와 같은 5가지의 요소를 지속적으로 관찰하여 예부선 관계를 추정하고자 한다. Fig. 4에 각 조우 상황별 사용된 선박의 항적을 확인할 수 있다. 각각은 횡단(Crossing), 대립(Head-on), 추월(Over-taking) 및 예부선 상황의 두 선박의 항적을 나타낸 것이다.

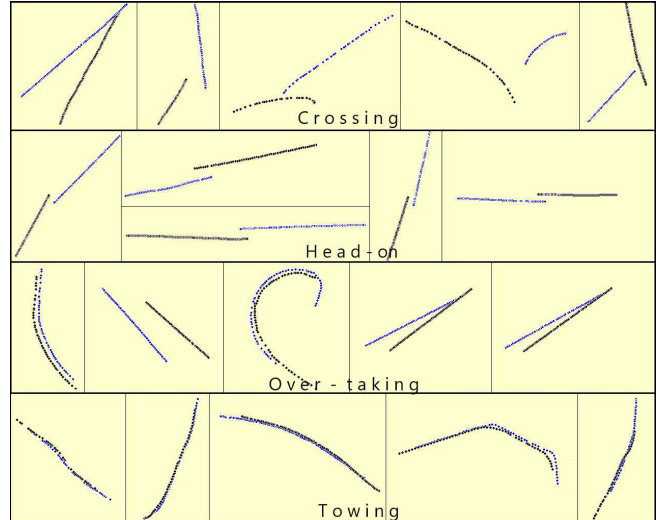


Fig. 4 Vessel's Trajectory

### 3. 예부선 식별 검증 모듈

2018년 4월 1개월치의 한국 전역 AIS데이터를 이용하여 예부선 식별 모듈을 검증하기로 하였다. AIS데이터는 한국형 이 내비게이션에서 사용된 자료로, MMSI(Maritime Mobile Service Identity) 등 선박 고유 정보가 다른 ID로 대체되거나 일부 정보가 제거된 순수 선박 위치 데이터만으로 구성된 연구용 자료이다. 사용된 메시지 현황은 Table 6과 같다.

Table 6 AIS Message status(2018.04)

(Unit: No.)

Count of Vessels		53,230
AIS Message	Position Report Class A(1)	569,363,817
	Position Report Class A(2)	314,938
	Position Report Class A(3)	46,801,000
	Standard Class B Position Report	31,229,836
	Extended Class B Position Report	1,751,232
Total		649,460,823

#### 3.1 AIS 항적을 이용한 예부선 식별 모듈 설계

예부선 식별을 위해 각 선박간 거리가 1,600미터 이내인 선박을 대상으로 CPA 분석을 통해 후보선박을 식별하고 관리하는 모듈과, 이 후보군에 속하는 선박에 대한 추가적인 항적을 이용하여 지속적으로 물리적 관계를 분석하고 필요시 후보군에서 제거하는 항적 추적 모듈로 구성하였다.

관리모듈은 후보선박의 각 ID쌍을 키값으로 하는 해쉬구조로 랜덤접근이 가능하여 빠른 검색에 적합한 구조이다. 항적 추적모듈은 관리모듈을 상속하여 최대 250개까지의 항적을 추적관리하고, 각각의 항적에 대한 시간, 위치 추정기능을 추가

하여 AIS 시차에 대한 보정 작업 및 선박간 거리, 침로, 속도, 상대방위 등의 평균과 각각의 분산 및 표준편차를 유지 관리하는 기능으로 구성되어 있다. 또한 조우상황에 따른 유지선, 피항선 구분 등 보조적인 계산기능이 추가되어 있다. 이중 추월상태인 조우관계에 대해 예인 상황을 추가적으로 식별한다.

2018년 4월 전체 AIS 데이터를 이용하여 예인 상태 식별 결과는 Table 7과 같다. 전체 515건이며, 평균거리와의 표준편차 평균 비율은 1.72%이고, 최대 4.9%, 최소 0.4%로 나타났다.

Table 7 Towing status(2018.04)

No.	Avg. Dist (Mts)	StdDev (Ratio)	Avg. Co. Diff. (Deg)	Avg. Ref. Ang. (Deg)	Avg. Spd. Diff. (Knot)
1	157	1.94	3.1	5.5	0.1
2	291	0.58	4.9	-1.1	0.1
3	225	0.53	2.4	-3.1	0.1
:	:	:	:	:	:
514	136	1.72	3.8	0.3	0.1
515	182	1.42	6.0	-1.3	0.1
Avg	194.9	1.72	4.40	0.11	0.11
Max	524.0	4.90	10.00	9.90	1.00
Min	47.0	0.40	1.00	-9.90	0.00

### 3.2 예부선 식별 결과 고찰

Fig. 5는 2018년 4월 AIS 데이터를 기준으로 예인 관계를 식별한 결과를 보여주고 있다. 515건의 전국적인 분포와 일부 지역에서의 상황을 보여준다. 식별된 전체 예인선과 부선의 항적을 전자해도 상에 표시하였다.

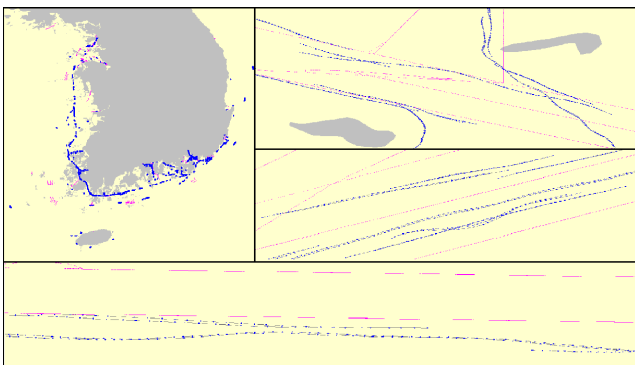


Fig. 5 Towing status(2018.04)

515건이 나온 건 CPA로 초기 상태를 결정하는 과정에서 예인관계에 있는 선박간의 CPA가 연속적으로 tCPA가 음수 값, 즉 CPA관계가 형성되지 않는 상황이 발생하여, 후보군에서 배제되었다가 다시 나타나는 현상으로, 중복되어 건수에 포함된 건들이 있는 것을 확인하였다. 모든 상황을 전자해도 상에 표시하여 항적을 분석한 결과 Fig. 6에서처럼 예인 상황

인 것으로 식별되었다.

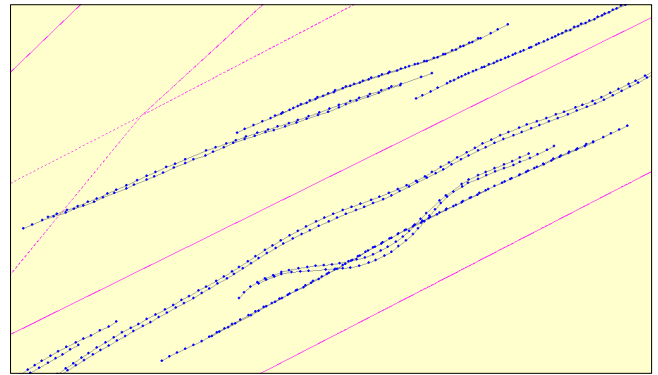


Fig. 6 Towing status

일부 통항로 내에서 예인상황으로 식별되었지만 실제 항적을 추가로 분석해본 결과 예인이 아닌 경우도 소수 발견되었다.

중복처리 되는 부분과 항적 부족으로 예인으로 오인되는 경우를 제외하고는 두선박의 물리적 위치 데이터만 있으면, 조기 예인 상황 식별은 가능할 것으로 판단되었다.

## 4. 항로표지 관리운영 시스템을 통한 위험 전파

항로표지 관리운영 시스템은 지방청 또는 권역별로 항로표지용 RTU(Remote Terminal Unit)를 통해 수집 및 관리되고 있다.

### 4.1 항로표지 관리운영 시스템 구조

항로표지시설(등대, 등표, 등부표, 레이콘 등)에 원격감시제어를 할 수 있는 항로표지용 RTU장비를 설치하여, 항로표지의 운영 상태를 원격에서 감시·제어 한다. 그리고 항로표지의 상태 정보는 '유·무선(AIS(VHF), TRS, CDMA 및 인터넷) 공용 통신망'을 이용하여 원격지의 '관리운영센터'에 전송되며, 수신된 상태정보는 '데이터베이스'에 저장되어 운영된다.

항로표지용(AtoN) AIS가 설치된 경우에는 메시지 21번과 메시지 8번(해양기상정보가 수집된 경우에 한함)을 전송하여 항로표지 상태정보 및 해양기상관측 정보를 항로표지 이용자(선박 등)에게 직접 제공할 수 있다. 권역별 해양교통시설 관리운영시스템은 자국시스템과 모국시스템으로 구성되며 Fig. 7과 같다.

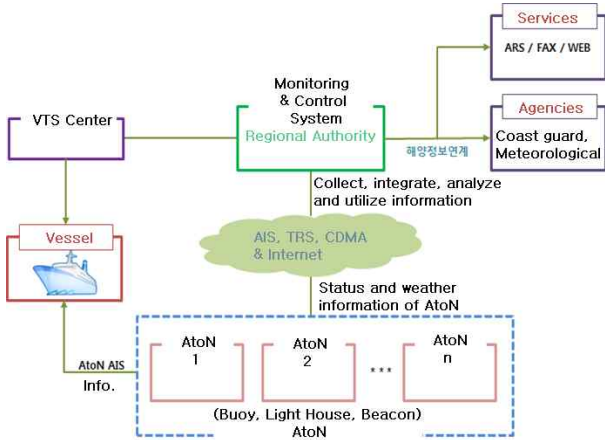


Fig. 7 AtoN Management system

현재 자국시스템 제어를 위해 AIS 6번 메시지를 이용하고 있다. 전원, 시스템 리셋 및 상태보고 주기 제어를 위해 FI코드 52, 53, 54번으로 규정하여 사용하고 있는 중이다. 이를 확장하여 새로 정의된 위험 메시지를 항로표지 관리운영 시스템에서 보낼 수 있을 것이다.

4.2 위험 전파를 위한 메시지 설계

전파를 위한 메시지는 AIS 메시지 중, 12번 지정안전메시지(Addressed Safety-Related Message) 또는 6번 이진지정메시지(Binary Addressed Message)를 사용하여 송신을 할 수 있다. 12번 메시지는 단순히 문자로 내용을 전달하는 방법이고, 6번 메시지는 근접 등부표 정보 및 추정 예인선열 영역, 예상 도착시간 등을 상세히 구조화하여 보낼 수 있지만, 사전에 정의되지 않은 정보는 일반 단말기에서는 해석이 불가능하다. 테스트를 위해 FI는 111로 사용하였다. 향후 한국형 이내비게이션 등과 연계하는 방안까지 고려한다면, 정보를 구조화하여 확장 가능한 형태로 표준 전송에 대비하는 것이 타당하다. 이내비게이션과 연동한다면 S-100 표준 기반의 메시지가 필요하기 때문이다. 그 구조는 Table 8과 같다.

base station(4403307)에서 예인선 440123456, 부산 440234567, 그리고 근접거리 90미터인 경우, 다음과 같이 6바이트 인코딩된 메시지 payload가 만들어진다.

“604<hJi`sh40KRu`uLTNc7ITGI3QMjh:BApJahr:E8sW`pLmdTNpLL=aDB?Vn>6q0P”

이 payload는 실제 송신되는 base station에서 다시 일련번호, 송신채널, 체크섬 등이 조합되어 AIS 6번 메시지로 송신될 것이다.

본 연구에서는 FI코드 111로 임시로 정의하여 시스템을 테스트하기로 하였고, 이는 향후 한국 표준으로 지정되어야 모든 단말에서 사용 가능하기 때문에, AIS 메시지 시뮬레이터를 제작하여 새로 정의된 메시지를 생성하고 이를 받아 전자해도 상에 전시하는 간이 프로그램을 구성하여 테스트를 진행하도록 설계하였다.

Table 8 Message Format based on AIS 6

Item	Bits	Description
Message ID	6	Identifier for Message 6
Repeat Indicator	2	
SourceID	30	MMSI number of source
Seq. No.	2	
Destination ID	30	MMSI number of destination
Retransmit Flag	1	
Binary Data	IAI	16 DAC=440, FI=111
		30 MMSI of Barge
	Day	5 Day : 1~31
	Hour	5 Hour : 0~23
	Min	6 Minute : 0~59
	Lat	24 Latitude, 1/1000th minute
	Long	25 Longitude, 1/1000th minute
	dist	12 minimum distance to buoy
	Point 1	49 Left-Bottom, Lat, Long
	Point 2	49 Right-Bottom, Lat, Long
Point 3	49 Right-Top, Lat, Long	
Point 4	49 Left-Top, Lat, Long	
Total No. of bits	390	Occupies 1 slots

4.3 시뮬레이터 및 전자해도를 이용한 위험 메시지 전시

예인 식별 모듈에서 생성된 정보를 기반으로 위험 메시지를 생성하는 AIS 메시지 시뮬레이터를 개발하여, 이를 TCP를 통해 전송하고, 전자해도를 연계하는 전시 프로그램에서 이를 받아 전자해도 상에 전시하는 프로그램으로 구성되었다.

Fig. 8은 F호 등부표를 근접하여 지나는 예인선열에 대해 예인선열 안전 영역을 전송하고 이를 전자해도 상에 전시한 예제 프로그램이다. 이 메시지가 등부표 근접 전 지속적으로 전시된다면 등부표에 대한 위험 인지가 가능하여 안전 운항에 도움이 될 것이다.

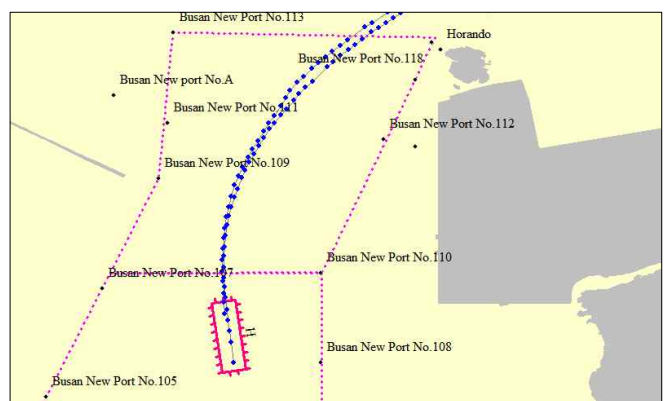


Fig 8 AtoN Warning Message system

5. 결 론

부선에 의한 항로표지의 추돌사고 예방을 위해 선박간의

위치적 관계를 분석하여 예부선 운항 상황을 식별하고, 등부 표 등에 근접하여 운항하는 경우를 식별하여 위험을 사전에 AIS 메시지를 통해 전파하는 시스템에 관해 연구를 수행하였다. 대상 선박의 위치 관계에서 선박간의 거리 및 표준편차, 평균 침로 차이, 상대방위 그리고 속도차 등을 분석하여 예인 관계를 식별하였다. 검증에서 확인하였듯이, 식별된 515건 중, 평균 속도 차이가 0.1을 넘는 건수 72건으로, 예인 상황 식별의 수준은 만족할 만하였다. 단, 통항로 등을 따라 예인 상황처럼 운항하는 경우는 실제 확인하기 어려운 상황이 있었다.

반면, 입출항 항로상에서 운항중인 선박을 예부선으로 오인하는 경우도 발생하였는데 이는 현재 항적 추적모듈이 최대 250건으로 되어 있는 부분이 문제인 것으로 확인되었다. 그리고 부선이 AIS를 탑재하지 않는 경우는 식별이 불가능한 것 또한 현실적인 문제이기 때문에 제도적으로 개선하고 극복해야 되는 문제도 있었다.

항로표지 관리운영 시스템을 통해 위험을 사전 전파하기 위해 AIS 메시지를 설계하였고, 테스트 시스템을 구축하여 위험을 전시하는 부분까지 수행하였다. AIS메시지는 절차를 걸쳐 표준화 작업을 진행해야 되는 부분을 남겨두고 있다. 일반 운항 상황을 오인하는 문제 등을 해결하고, 위험 메시지 전파는 한국형 이내비게이션 등과 연계한다면 항로표지와와의 충돌 사고는 물론, 예인선결과 충돌 사고 예방에도 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

S-100 기반 표준으로 작성된 메시지는 서비스가 된다면 별도의 절차 없이 바로 단말에서 표출 가능하기 때문에, 한국연안에서 운항하는 소형선을 위주로 안전 서비스를 제공하려고 하는 한국형 이내비게이션의 시범서비스에 맞추어 메시지를 표준화한다면, 국내 연안 소형선의 안전을 담보하는 서비스로 소기의 목적을 이룰 수 있을 것으로 판단된다.

## References

- [1] Jo, G. J.(2019), "A Study on the Discrimination of Ship's Anomaly Navigation using Pattern Analysis and Fuzzy Logic.", Mokpo National Maritime University, Graduate school of Maritime Transportation, PhD Dissertation.
- [2] Jung, C. H. et al.(2008), "Ship's Maneuverability & Required Number of Tug Boat in Strong Winds for the T.S. HANBADA", Journal of the Korean Navigation and Port Research, Vol. 32, No. 8, pp. 597-602.
- [3] Kim, C. S. and Rim, G. S.(2011), "A Study on the Towing Force of Heavy Loaded Barge against Strong Current", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 17, No. 2, pp. 179-185.
- [4] Korean Maritime Safety Tribunal(2014~2018), The status of maritime accidents, <https://www.kmst.go.kr/>.
- [5] Lee, S. and Lee, S. M.(2016), "Experimental Study on the Towing Stability of Barges Based on Bow Shape", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 22, No. 7, pp. 800-806.
- [6] Lee, Y. S. et al.(2007), "A Study on the Traffic Improvement at an Approach Area of Busan Harbor", Journal of the Korean Navigation and Port Research, Vol. 31, No. 5, pp. 345-351.
- [7] Nam, T. K.(2013), "A Study on the Relation between Towing Force of Tow Vessel and Towing Point and Behavior of Towed Ship", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 19, No. 6, pp. 637-642.
- [8] Oh, D. U. and An, B. I.(2012), "Intensive monitor to the tugboat-characteristic identify by photo-oriented", Journal of the Korean Navigation and Port Research, Vol. 2012, No. conference, pp. 523-525.
- [9] Yoon, B. W.(2007), "A Practical Study on Aids to Navigation", Journal of the Korean Navigation and Port Research, Vol. 31, No. 2, pp. 365-372.

Received 28 November 2019

Revised 9 December 2019

Accepted 11 December 2019