

조타기 신호를 이용한 선회조기감지 방안에 대한 연구

정창현*† · 홍태호** · 박계각*** · 박영수****

*, ***, ** 목포해양대학교, ** 목포해양대학교 대학원, **** 한국해양대학교

A Study for an Early Detection Method on Altering Course of a Target Ship using the Steering Wheel Signal

Chang-Hyun Jung*† · Tae-Ho Hong** · Gyei-Kark Park*** · Young-Soo Park****

*, ***, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

** Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

**** Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 가까운 거리에서 상대선과의 마주치는 상황 또는 교차된 상황에서 상호 피항동작을 취하게 되는데, 상대선박의 변침의도를 정확히 파악하지 못해 서로 같은 방향으로 피항동작을 취함으로써 충돌위험에 처하게 되기도 한다. 항해사는 피항동작을 취함에 있어 시각에 의한 판단, 레이더 또는 AIS 백터를 이용한 판단, 또는 VHF 통신을 활용하여 피항동작을 취하고 있으나, 레이더 및 AIS를 이용한 기존의 방식은 선박이 선회 후 선수방위가 표시되기 때문에 선회를 탐지하기까지는 상당한 시간이 요구된다. 따라서 조타기 작동 신호를 상대선박에 신속하게 전달하여 상대선의 선회의도를 보다 신속히 판단할 수 있는 선회조기감지 방안을 제안하였다. 이러한 방법은 상대선의 변침의도를 보다 신속하게 파악함으로써 선박 상호간 충돌예방에 효과적이며, VTS 시스템 및 해양사고 분석에서 활용이 가능하다.

핵심용어 : 변침의도, 피항동작, 충돌위험, 조타기 작동 신호, 선회조기감지

Abstract : If we were in a head-on or crossing situation with a target ship and did not know the target ship's intention to change her course, we might be confused about our decision making to change our course for collision avoidance and be in a danger of collision. In order to solve these problems, we need to develop an automatic system which enables mariners to easily detect a change in the target ship's course and efficiently avoid being on a collision course. In this paper, we proposed an early detection method on altering course of a target ship using the steering wheel signal. This method will contribute to the reduction of collision accidents and also be used to the VTS system and the analysis of marine accidents.

Key Words : Intention of altering course, Collision avoidance, Danger of collision, Early detection method, Steering wheel signal

1. 서 론

해양에서 선박사고의 30%정도가 충돌사고이며, 그 중 90% 이상이 인적오류에 의해 발생되었고, 대표적 원인으로는 경계소홀, 조선부적절, 항행법규 위반 등 운항과실이 대부분을 차지하고 있는 것으로 조사되었다(KMST, 2012).

이러한 충돌사고 예방을 위한 노력은 지속적으로 시행되어 왔으며, 항해장비 측면에서 대표적인 장비로서는 레이더(Radar)와 AIS(Automatic Identification System)가 이에 해당된다고 볼 수 있다.

Son and Kim(2010)은 퍼지이론을 이용한 다중선박의 충돌

위험도 추정 알고리즘을 설계하고, AIS 데이터를 활용하여 주변 선박간의 CPA(Closest Point of Approach), TCPA(Time to Closest Point of Approach), 선속, 제원 등을 바탕으로 충돌위험도를 평가하여 어느 선박이 위험한가를 확인할 수 있는 시스템을 개발하였으며, Kim and Park(2011)은 레이더와 AIS의 각기 다른 시스템으로 획득된 타 선박에 대한 정보의 불일치로 인한 불편함을 해소하기 위해 유클리드 거리(Euclidean distance)를 이용하여 유사도를 비교함으로써 해당 정보를 융합하고자 하였다.

그리고 Park et al.(2010)은 선박운항자의 안전 의식을 고려한 선박통행 적정 이격거리를 정량화하여 해상교통안전성 평가모델의 충돌 판정 영역 개발을 위한 연구를 시행하였으며, Kim et al.(2011)은 선박의 크기와 타선과의 조우형태, 속력차이, 거리에

† Corresponding Author : hyon@mmu.ac.kr, 061-240-7182

다른 선박운항자의 주관적 위험도를 분석하여 해상교통위험도를 정량적으로 평가할 수 있는 모형식을 제안하였다.

또한, 국제해상충돌방지협약(COLREG)에서는 방위의 변화가 없이 점점 가까워지는 선박을 충돌위험성이 존재하는 선박으로 간주하고 있으며(KR, 2011), 일반적으로 항해사들은 항해장비를 활용하여 판단할 경우에는 CPA와 TCPA를 이용하여 충돌 위험성을 판단하여 피항동작을 취하고 있다.

하지만, 근거리에서는 이와 같은 CPA 및 TCPA 그리고 선수방위(Heading)를 활용하기보다는 실제로 상대선박을 시각적으로 확인한 후에 피항동작을 취하고 있는데, 그 이유는 레이더 및 AIS의 선수방위가 선박이 실제로 선회하는 것보다 더 늦게 나타나기 때문이다.

상대선박과의 마주치는 상황 또는 교차 상황에서 두 선박은 피항동작을 취하게 되는데, 상대선박과 같은 방향으로 변침을 반복함으로써 충돌사고의 위험이 발생할 우려가 있다. 이는 실생활에서 흔히 경험하듯이 좁은 골목에서 마주치는 사람과 피하기 위해 좌우로 움직이다가 부딪히는 상황과 유사하다.

선박은 관성력 때문에 쉽게 멈추지 못하고 움직임에 대한 제어가 쉽지 않으며, 또한 변침동작을 취한 후 실질적인 선회가 상당시간이 지난 후 느리게 일어나기 때문에 상대선의 변침 의도를 신속히 파악하기란 쉽지 않은 현실이다.

따라서 본 논문에서는 상대선박의 조타기 작동 신호를 조기에 탐지하여 상대선박의 변침의도를 신속히 파악함으로써 충돌위험을 피할 수 있는 선회조기감지 방안을 제안하고자 한다.

2. 선회 조기감지 방안

Table 1에서 제시한 6,700톤의 선박을 예로 들면, Table 3에서와 같이 조타기를 전타(35°) 작동할 경우 타각의 변화는 조타기 작동 후 2초가 지난 후에 6°, 4초가 지난 후에 14°, 그리고 10초가 지난 이후 35°까지 타각이 변하는 것으로 확인되었다. 타각이 변한 이후 선박은 서서히 선회가 시작되어 선수방위가 바뀌기 시작하고, 이를 감지하여 상대선의 변침을 확인하게 된다.

조타기의 작동(타를 돌리는 행위)은 선수방위의 변화보다 훨씬 신속히 그리고 조기에 이루어지기 때문에 조타기 작동 신호를 이용하면 상대선박의 선회의도를 보다 신속히 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

조타기의 작동은 Fig. 1과 같은 자동조타기(Autopilot)에 의해 자동 또는 수동으로 실행가능하며, 수동(Hand 또는 Follow-up)일 경우에는 핸들을 돌리는 신호를 감지하고, 자동(Auto)일 경우에는 다이얼을 의도적으로 돌리는 신호를 감지



Fig. 1. Autopilot.

하여 선회 의도로 판단하면 된다.

따라서, AUTO mode에서 Dial을 작동할 경우에는 선수방위(Heading)의 차이를 표시하고(수정된 선수방위 값), HAND mode에서 Steering Wheel을 작동할 경우에는 실제로 사용된 타각을 표시한다(예, 5°, 10° 등).

상대선박의 선회를 판단할 수 있는 유사한 시스템 중 가장 신속히 그 의도를 확인할 수 있는 수단은 조타기 작동 신호라고 판단되며, 해당 조타기 작동 신호를 상대선박에 신속하고 자동으로 전달해 줄 수 있는 통신시스템으로는 현재로서는 AIS가 적절할 것으로 판단하고 있다.

AIS를 통하여 수신된 상대선박의 조타기 작동 정보는 ECDIS에 표시된 상대선박에 조타기 작동 방향과 그 양을 함께 유색으로 표현함으로써 상대선박이 조타기를 어느 방향

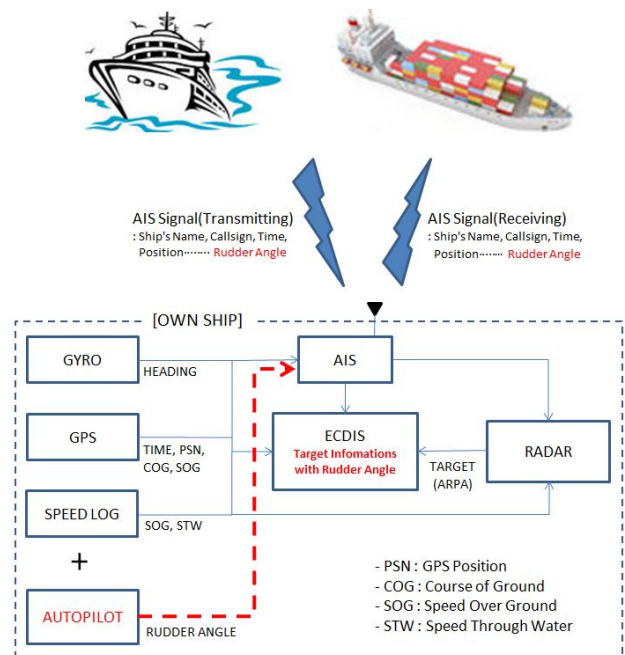


Fig. 2. Concept of early detection.

조타기 신호를 이용한 선회조기감지 방안에 대한 연구

으로 얼마만큼 사용하고 있는지를 즉시 표시해 준다. 이러한 표시는 항해 중요정보가 2초만에 전송되는 AIS 통신을 활용한다면 가능할 것으로 보인다.

이와 같이 선회조기감지에 대한 개념은 Fig. 2와 같고, 조타기 작동 신호는 조타기 작동 후 상당한 시간이 경과한 이후 선박이 실질적으로 선회가 시작되어 이러한 선회를 감지한 레이더나 선회로 인한 선수방위 정보를 수신하는 AIS 보다 상대선의 변침의도를 훨씬 신속하게 판단할 수 있을 것으로 보이므로 상대선과의 마주치는 상황 또는 교차 상황에서 변침 실수로 인한 충돌위험을 줄일 수 있을 것이다.

3. 유사 방법과의 비교

3.1 시각적 확인

상대선박이 방위의 변화 없이 점점 가까워지는 경우에는 충돌위험성이 존재하는 선박으로 간주하고 있으며, 근거리에서는 상대선박과의 충돌 위험성을 가장 정확하게 판단할 수 있는 수단 중 하나로써 시각적 확인을 들 수 있다. 따라서 충돌회피 동작을 취하기 전에는 반드시 이와 같이 상대선박을 시각적으로 확인하여야 한다.

하지만, 타를 돌리는 시점부터 선수방위가 해당 타각에도달할 때까지의 시간을 초기선회시간이라고 하는데, Table 1에서 제시된 선박의 경우를 예로 들면, Table 2 및 Table 3에서와 같이 대상선박이 선회를 시작하여 해당 타각까지 선회하는데 통상적인 속력에서 26~36초가 소요되고 있다. 또한, 선수방위가 소폭 변경된 경우에는 변침사실을 시각적으로 확인하기 어려운 경우가 많다.

Table 1. Particulars of ship

ITEMS	DIMENSIONS
Length Between Perpendiculars(LBP)	104.00 m
Breath(B)	17.80 m
Mean Draft(Full Loaded Condition)	5.915 m
Maximum Speed	19.0 kts
Service Speed	17.5 kts
Main Engine MCR(100 %)	8,130 BHP × 176 RPM
Main Engine NCR(85 %)	6,910 BHP × 167 RPM
Gross Tonnage	6,686 ton
Displacement(Full Loaded Condition)	6,434.6 ton

Table 2. Test for Maneuvering Performance Index(Port 35°)

Time	Heading	Speed	Rudder Angle	R.O.T	Heeling	RPM
0	0	13	0	0	0	119
2	0	13	6	0	0	119
4	0	13	14	0	1	119
6	0	13	18	-5	0.5	119
8	0	13	25	-15	0.5	119
10	359	12.9	31	-20	0.5	119
12	358	13	33	-28	1	119
14	357	12.9	33	-30	1	120
16	356	12.9	33	-30	1	121
18	354	12.9	33	-30	1	121
20	352	12.9	33	-30	1.5	120
22	349	12.9	33	-30	2.7	119
24	346	12.8	33	-30	2.7	119
26	343	12.8	33	-30	2.7	119
28	340	12.9	33	-30	2.7	117
30	337	12.8	33	-30	2.7	117
32	331	12.8	33	-30	3	117
34	328	12.7	33	-30	3	117
36	325	12.7	33	-30	3	117
38	322	12.5	33	-30	3	117
40	319	12.4	33	-30	3	117

Table 3. Turning ability of ship

Rudder Angle	Time to arrive Rudder Angle (sec)	Initial Turning Time (sec)		Path Length (m)	
		16.5 kts	13.0 kts	16.5 kts	13.0 kts
5°	2	21	26	178(1.71 L)	174(1.67 L)
10°	3	22	28	186(1.79 L)	187(1.80 L)
20°	6	26	34	221(2.13 L)	227(2.18 L)
35°	10	28	36	230(2.21 L)	240(2.30 L)

3.2 레이더

Fig. 3에서와 같이 레이더는 반사파를 이용하여 선박의 항적을 지속적으로 플로팅함으로써 선수방향이 계산되기 때문에 상대선박이 변침동작을 취한 후 일정시간이 지난 다음 선박이 실질적으로 선회를 시작하고 그 이후 선수방향이 변하기 시작한다.

대상선박의 경우 Table 2에서와 같이 35° 전타를 실시할 경우 10초가 지난 이후에야 선수방위가 1° 변하고, 14초가 지난 이후에 3°, 20초가 지나야 8° 선회되어 상대선의 선회가 감지된다. 더욱이 상대선박과 2~3마일의 급박한 위험에서는 선회중 동일한 방향으로 선회가 되어 반대타를 사용할 경우 상대선박의 변침의도를 파악하는데 훨씬 더 많은 시간이 요구되기 때문에 위험은 더욱 크다고 할 수 있다.

따라서, 비교적 먼 거리에서는 레이더의 CPA 및 TCPA를 활용하여 충돌위험성을 판단하지만, 근거리에서는 레이더 벡터의 늦은 반응속도 때문에 레이더보다는 시각적 확인을 보다 중요시 하고 있다.

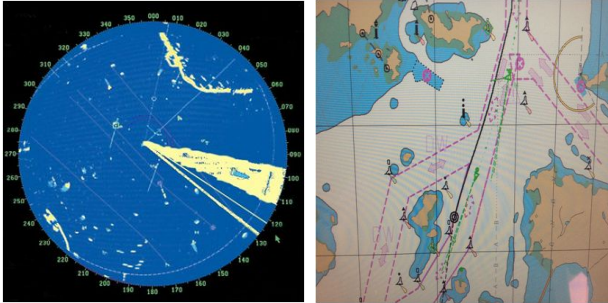


Fig. 3. Display of radar(left) and AIS(right).

3.3 AIS

AIS 장비의 동적정보 수신에 대해 살펴보면, 변침할 경우 정보의 갱신 주기는 선속 14노트까지는 4초이며, 14노트 이후에는 2초로 규정되어 있다(ITU-R, 2001). 선수방위의 정보 전달이 현재의 송수신정보 중 가장 짧은 주기인 2초만에 이루어진다 하더라도 대상선박은 전타(35°)를 이용한 변침동작을 취할 경우 실질적인 선수방위가 변하는 것은 약 10초가 지난 이후부터이며, 또한 쉽게 인지 가능한 시기는 약 20초(8° 선회됨) 이후로 판단된다.

이와 같이 AIS의 선수방위 변화 또한 변침동작을 취할 이후 상당한 시간이 지나서 나타나기 때문에 근접한 거리에서의 상대선박과의 충돌위험을 판단하는데는 오히려 시각적 확인 또는 레이더 정보를 더 선호하는 경향이 있다.

3.4 VHF 통신

VHF 통신은 상대방과 직접적으로 의사를 교환하기 때문에 충돌회피를 위한 가장 확실한 방법 중 하나이나, 직접 상대선박을 호출하여 음성통신을 실시해야 하며, 급박한 위험상황에서는 긴장하고 당황하기 때문에 호출하여 통신하기가 그리 쉽지 않다.

그리고 2척이상의 선박이 상호 연관된 경우에는 모두 통화를 실시해야 하므로 많은 시간이 요구되고, 또한 모국어 가 아닌 영어로 통화를 실시해야 하기 때문에 통화의 어려움은 더욱 크다고 볼 수 있다.

4. 기존 장비에 대한 적용 방안

상대선의 변침의도는 해당선박의 조타행위로부터 가장 정확하게 확인할 수 있으며, 이러한 정보를 신속하게 전달

할 수 있는 시스템 중 하나로는 AIS라고 판단된다.

AIS 정보는 정적 정보와 동적 정보 및 항해 관련 정보로 구분할 수 있다. 정적 정보에는 MMSI, 선명, 호출부호, IMO번호, 선박길이 및 선폭, 선종 등 선박이 이동해도 변하지 않는 정보로 구성되고, 동적 정보에는 선박의 위치, 시간, 대지침로, 대지속력, 선수방위, 항행상태, ROT(Rate of Turn) 등 선박이 이동함에 따라 변화하는 정보로 구성된다. 그리고 항해 관련 정보에는 흘수, 위험화물, 목적지, ETA 등이 해당된다.

AIS 정보 갱신 주기는 동적 정보의 경우에는 Table 4와 같이 항해 중에는 2~12초이며, 정적 정보와 항해 관련 정보의 경우 매 6분마다 또는 데이터가 수정되었을 때 또는 요구시에 갱신된다(ITU, 2001).

Table 4. Reporting intervals of AIS Dynamic information

Status	Reporting intervals	
	Keeping Co.	Altering Co.
at anchor	3 min	
0~14 kts	12 sec	4 sec
14~23 kts	4 sec	2 sec
over 23 kts	3 sec	2 sec

또한, AIS의 원래기능 이외에도 AIS를 활용하여 해양안전정보(MSI : Maritime Safety Information) 등을 제공하기 위한 연구 중 하나로 AIS-ASM(Application Specific Message)이 있으며, 이것은 AIS 바이너리 메시지를 이용하여 다양한 응용서비스를 개발할 수 있다(IMO, 2010). 하지만, 송신주기가 3분이기 때문에 타각이 변할 때마다 신속하게 정보를 갱신해야 하는 상황에서는 적합하지 않다.

따라서 본 연구에서 제안하는 선회조기감지 방안에서 AIS를 활용하기 위해서는 조타기 작동 신호를 AIS의 동적 정보에 포함시켜 조타기를 작동함과 동시에 해당 신호가 가장 빠른 정보 갱신 주기인 2초 이내에 송수신될 수 있도록 AIS 정보 송수신 체계의 개선이 선행되어야 한다.

AIS의 표시 기호는 Table 5에서와 같이 2004년 12월 MSC(Maritime Safety Committee) 79차 회의에서 SN/Circ. 243 문서를 승인함으로써 결정되었고, 표준기호를 사용할 수 없는 경우 겹치지 않는 범위에서 사용할 수 있도록 하고 있으며(IMO, 2004), 전자해도(ECDIS)에 AIS 정보가 어떻게 표시되어야 하는지에 대하여도 규정하고 있다(IHO, 2008).

조타기 신호를 이용한 선회조기감지 방안에 대한 연구

Table 5. AIS Target Symbols

Items	Symbol	
	SN/Circ.243	S-52
AIS Target (sleeping)		
Activated AIS Target		
Dangerous AIS Target		
AIS Target True Scale Outline		
AIS Target turning to port / starboard		
Lost Target		
Target Past Positions		

특히, AIS를 통하여 표시되는 정보 중에서 타각신호와 연관성이 있을 것으로 판단되는 내용을 살펴보면, 선수방위(Heading)와 대지침로(COG), 그리고 선회각속도(ROT)가 있으며, 이들의 표시형태는 Table 5에서와 같이 실선은 선수방위를 나타내고, 점선은 대지침로, 그리고 우현으로 꺾인 모양은 선회각속도를 나타낸다.

여기에서 Heading, COG, ROT 모두 실제로 선박이 선회되면서 반응하기 때문에 조타기 작동 이후 상당한 시간이 경과된 이후 표시되지만, 조타기 작동 신호는 조타기 작동 이후 곧바로 표시되고, Fig. 4 및 Fig. 5에서 제시하는 형태로 유색으로 점멸되면서 표시되기 때문에 다른 표시형태와 혼돈의 염려는 없을 것으로 판단된다.

또한, 바람이나 조류에 의한 Leeway를 감안하여 조타동작이 이루어진 경우에는 본선도 동일한 환경에서 유사하게 타를 사용하게 되므로 상대선의 조타 상황을 보고 그 의도를 쉽게 파악할 수 있을 것으로 판단되며, Heading, COG, 그리고 ROT와 더불어 비교할 수 있기 때문에 판단 오류는

적을 것으로 보인다.

조타기 작동 신호의 표현은 표준기호에 겹치지 않으며, 가시성(Conspicuity)을 높일 수 있도록 Fig. 4 및 Fig. 5와 같은 기호를 제안한다. Fig. 4 및 Fig. 5는 각각 수동모드와 자동모드에서 작동할 경우의 표시방법을 나타낸다.

좌현과 우현방향으로의 조타기 작동 신호를 항해등의 현 등색과 같이 각각 홍색 및 녹색으로 하고, 조타기 작동에 따른 타각 또는 선수방위각을 숫자로 함께 표시한다. 그리고 자동차의 방향등과 같은 점멸효과를 동시에 표시함으로써 항해사가 쉽게 인식할 수 있도록 구현한다.

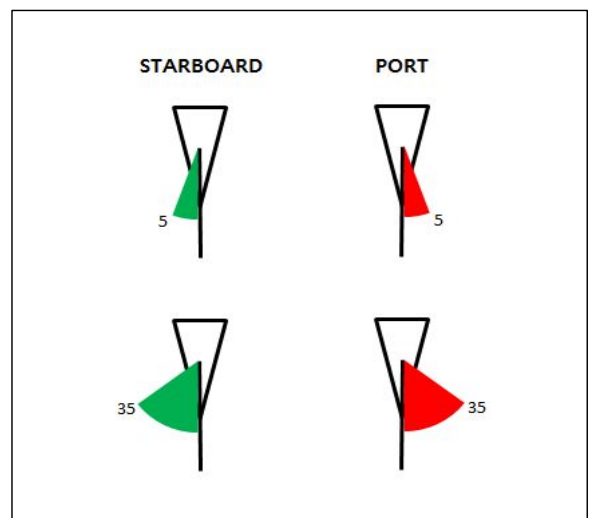


Fig. 4. Proposed AIS Target Symbols (Hand Mode).

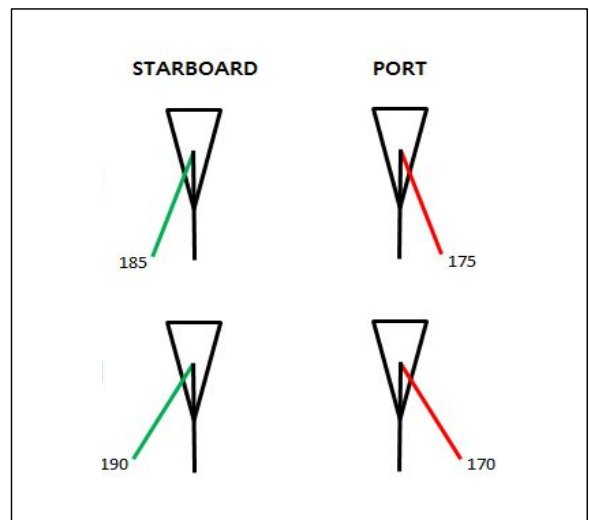


Fig. 5. Proposed AIS Target Symbols (Auto Mode).

이러한 작업은 Lee and Park(2010)의 연구에서와 같이 AIS 정보의 다양한 응용을 위해 선박정보를 체계적으로 관리하

고 응용하기 위한 데이터베이스를 설계하고 이를 전자해도에 구현한 연구결과를 보면 가능할 것으로 판단된다.

5. 결론

선박의 조타기 작동 신호를 AIS를 통하여 전달함으로써 비교적 근거리의 급박한 위협에서 상대선박의 변칙의도를 신속히 파악하여 충돌위험을 피할 수 있는 선회조기감지방안에 대한 개념을 제시하였다.

이는 상대선박의 선회의도를 신속히 파악하여 동일한 방향으로 변칙하는 실수를 막을 수 있어 충돌사고 예방에 큰 도움을 줄 것으로 판단되며, 충돌위험이 있는 급박한 상황에서는 당황하거나 긴장하게 되어 행동의 제한이 일어날 수 있으나, 해당 시스템은 충돌위험에 대한 회피동작을 위해 실시된 조타동작에 대한 정보가 자동으로 상대선박에 전달되기 때문에 변칙 오류를 피하는데 큰 도움을 줄 것으로 보인다.

또한, 대상선박의 조타의도를 신속히 파악하여 충돌회피에 대한 권고가 가능함으로써 선박의 안전운항을 지원하고 있는 VTS 지원시스템에 응용이 가능하고, 사고선박의 저장된 AIS 정보를 통한 조타현황 파악이 가능함으로써 해양안전심판원에서는 사고조사에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

후속 연구로는 이러한 선회조기감지 방안의 구현을 위해서 자동조타기로부터 조타 신호의 추출 방법 및 AIS를 통한 전송 방법, IMO 및 ITU 등 국제기구를 통한 제안된 방안의 AIS 적용에 대한 권고, ECDIS에서의 영상 구현 등이 필요할 것으로 판단되며, 실선시험을 통한 검증도 요구된다.

참고 문헌

- [1] IHO(2008), S-52 APPENDIX 2 “Paper Based Description of Symbols for Use on ECDIS”, pp. 13-20.
- [2] IMO(2004), Ref.T2-OSS/2.7.1 SN/Circ.243 “Guidelines for Presentation of Navigation-Related Symbols, Terms and Abbreviations”, pp. 2-6.
- [3] IMO(2010), Ref.T2-OSS/2.7.1 SN/Circ.289 “Guidance on the Use of AIS Application-Specific Messages”, pp. 1-4.
- [4] ITU-R(2001), M.1371-1 “Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band”, pp. 2-3.
- [5] Kim, Y. K. and G. K. Park(2011), “A Study on Data Fusion

- of ARPA/AIS using Euclidean Distance”, Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 21, No. 6, pp. 775-780.
- [6] Kim, J. S., Y. S. Park, T. Y. Heo, J. Y. Jeong and J. S. Park(2011), “A Study on the Development of Basic Model for Marine Traffic Assessment Considering the Encounter Type between Vessels”, Journal of the Korean Society of Environment & Safety, Vol. 17, No. 3, pp. 227-233.
- [7] KMST(2012), Korean Maritime Safety Tribunal, Statistics, Marine Accident, <http://www.kmst.go.kr/>.
- [8] KR(2011), KR-CON, COLREG 2008 Consolidated Edition/ Part B/Rule 7, p. 1.
- [9] Lee, S. J. and I. H. Park(2010), “Database Design and Implementation for Vessel AIS Information Application”, Journal of Navigation and Port Research, Vol. 34, No. 5, pp. 343-348.
- [10] Park, Y. S., J. Y. Jeong and J. S. Kim(2010), “A Study on the Minimum Safety Distance between Navigation vessels based on vessel Operator’s Safety Consciousness”, Journal of the Korean Society of Environment & Safety, Vol. 16, No. 4, pp. 401-406.
- [11] Son, N. S. and S. Y. Kim(2010), “Validation on the Algorithm of Estimation of Collision Risk among Ships based on AIS Data of Actual Ships’ Collision Accident”, Journal of Navigation and Port Research, Vol. 34, No. 10, pp. 727-733.

원고접수일 : 2012년 12월 03일

원고수정일 : 2013년 01월 28일 (1차)

2013년 02월 15일 (2차)

게재확정일 : 2013년 02월 25일