

상황자각 기반 해양사고분석 사례 연구

정기남*, 하윤주* 김영신*

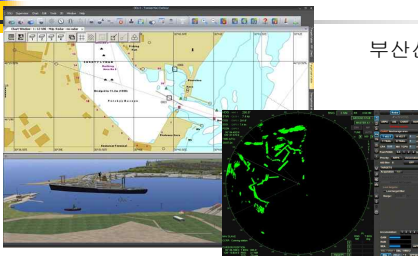
*부산신항 해상교통관제센터

요약 : VTS 협력항해는 수많은 상황판단과 자율적인 행위자들의 의사결정들의 집합체이다. 선박이 서로 영향을 끼치며 상호작용하기 때문에 발생하는 불확실성이 바로 VTS 협력항해가 해결해야 하는 문제 상황이다. 이러한 불확실성으로 인한 항해위험을 극복하기 위해서는 상황자각과 의사결정이 항해사 개별 차원에서 뿐만 아니라 모든 항해자들이 서로 도우면서 VTS 협력항해 전체적인 차원에서 이루어져야 한다는 점을 중점적으로 논의하였다. 본고에서는 해양사고의 원인으로서는 조선기술의 미숙보다는 항해관련 인지기술이 더 직접적으로 작용한다는 점을 주장하면서, 더 나아가 기왕에 발생한 해양사고를 상황자각 관점에서 접근함으로써 해양사고의 인적과실과 관련한 심층적인 분석을 할 수 있다는 것을 밝혔다. 항해의 인지과업을 1단계 상황자각에서부터 분산의사결정에 이르는 과정으로 세분화하고, 이런 관점에서 접근함으로써 해양사고의 원인으로 작용하는 인적과실을 심도 있게 분석할 수 있었다. 인지과업의 세분화를 통해서 항해사들이 각 단계별로 에러를 수정할 수 있는 여유를 확보할 수 있게 하고, 사고로 이어지는 인과 고리를 차단하는 한편 보다 안전한 대안을 찾아 실행할 수 있다는 점을 부각시켰다. 이런 연구결과를 항해사의 훈련 과정에 접목함으로써 해양사고의 위험을 획기적으로 줄일 수 있다는 것을 밝히고자 노력하였다.

핵심용어 : VTS, 협력항해, 항해인지과업, Situation Awareness, Team Situation Awareness, Decision Making, Distributed Decision Making, Recognition-primed Decision Making Model, Mental Model, 변화담지과제, 중다과제, 주의관리, SA/DM분석, 해양사고분석



상황자각 기반 해양사고분석 사례 연구



부산신항 관제센터
정기남
하윤주

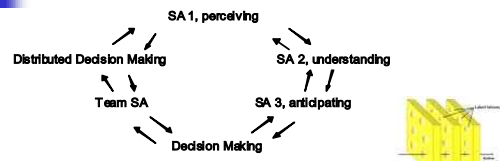
협력항해의 인지과업(Cognitive Tasks)

- 선박이 자동화·정교화되는 한편 교통이 복잡해지면서 이제 항해자들의 주된 업무는 위험에 관한 오소를 지각하고, 관련된 정보를 해석·통합·소통하면서, 상황에 가장 적합한 판단과 선택을 내리야 하는 고도의 인지적 과제로 그 특징이 변화하였다.
- 운항하는데 1,500가지 하위기술들이 관여. 그 중에 대부분이 인지기술(cognitive skills)이다 (자동자를 진행시키면서(navigating), 위험관련 정보들을 습득하기 위해 주위 환경을 조사(scanning)하고, 착선 내에 위치를 유지하고(positioning), 속도를 판단·조정하고, 혼전과 관련된 의사결정(decision making)을 하고, 위험을 평가하고, 계기를 조정하고, 다른 운전자들의 행동을 예측(anticipating)하고...)
- 운전시 평균 분당 1,320개의 정보에 노출된다
- 항해와 관련된 주요 인지기술:
 - 위험 지각(risk perception): 항해관련 위험오소를 탐색하고, 인지하여 대응하는 기술
 - 주의 관리(attention control): 적절한 시기에 적당한 시간만큼 올바른 대상에 주의 기울이는 기술
 - 시간 배분(time sharing): 수시로 변화는 업무부담을 적절히 관리하는 기술
 - 수행능력 관리(calibration): 항해업무에 요구되는 수준에 자신의 능력을 맞추는 기술
- 선박의 조선기술보다는 항해관련 인지기술이 사고에 더 직접적 영향을 끼친다
- 항해사 개인별 인지기술은 상호작용을 통해서 동시에 항해하는 모든 선박들의 항해자들에게 서로 영향을 끼치게 되고, 따라서 공동의 안전을 위해서는 인지과업 측면에서도 서로 협력하여야 한다.

상황자각(Situation Awareness)

- 환경에 있는 단서들을 지각하고, 그것들의 의미를 이해하여 현재 주어진 세계의 상태를 파악하고, 이를 통해 미래의 상황을 예측하는 능력 또는 그 과정
- "Perception of the Elements in the Environment, Comprehension of the Current Situation, and Projection of Future Status." - Endsley, M. R. (1995)
 - "A Set of Process: Information Extraction, Information Integration, Mental Picture Formation, and Projection and Anticipation." - Dominguez, C. (1994)
 - 주위 환경에 무슨 일이 벌어지고 있는가 알아차리는(figuring out what's going on) 인지 행위:
 - what is it?
 - what is it meant for?
 - what will it become?
 - 항해에서의 상황자각:
 - 항해환경 요소들의 변화와 자신의 선박 및 주위 선박들의 변화에 계속적으로 주의를 기울여 지각하고, 변동점들을 변화하는 상황들 간의 관계를 이해하여, 항해 여건이 미래에 어떻게 변할지 인지들을 예측하기
 - 항해자는 현재 진행되고 있는 상황을 알고, 현재의 상황이 어떻게 진행되어야 하는지를 알며, 좋은 기준(목표 상황)과 현 상황의 차이를 이해하여야 하고, 그리고 적시에 필요한 행동을 취해야 한다.

From SA to DM

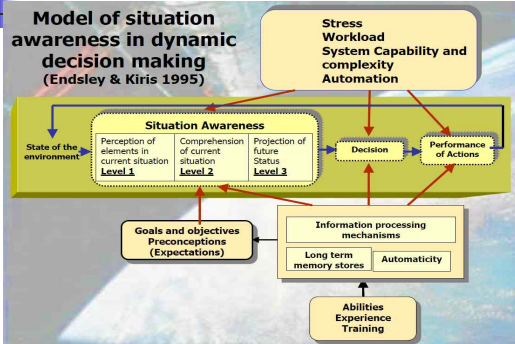


"To provide buffer against the unexpected, you should be proactive with 'feed-forward'"

"Wherever you are, be there!"
"Don't fall into a routine !!: Make every voyage unique: one!"
"Staying ahead of the ship !!!"

* 대표저자(정회원) 정기남 safer@hanafos.com 010-3672-5741

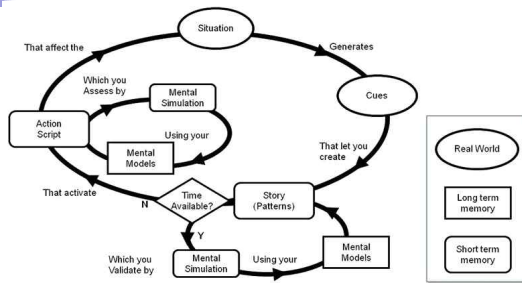
SA Model



변화탐지 과제

- 변화하는 것의 변화율을 인지하는 것(measuring the relative speed of perceiving changes)이 중요하다
- 저속으로 항해하는 선박의 속도 변화를 인지하는 것이 더 어렵다
- 작은 타격을 사용하여 변칙하는 선박의 코스변화를 인지하는 것이 더 어렵다
- 상향식 정보처리: 외부 자극에 의해 정보처리 과정이 주도되는 자료주도적 처리 방식
- 하향식 정보처리: 맥락, 기대, 목표 등 상위인지과정에 의해 주도되는 개념주도적 처리 방식
- 선박의 속도평가의 편향:
 - 자신의 속도는 과대평가하고 상대선박의 속도는 과소평가한다
 - 자신이 과속하고 있는 경우는 속도를 과소평가하고 저속하고 있는 경우는 과대평가한다
 - 대형선박의 속도는 과소평가하기 쉽다
 - 안개 속에서는 색채 명암 대비 현상이 약해서 실제속도보다 낮게 느낀다
- 선박의 사별에서의 편향:
 - 전방에 있는 선박이 소형선인 경우 실제보다 먼 거리에 있다고 착각한다
 - 큰 물체일수록 사별이 잘되기 때문에 자주 확인하지 않는 경향이 있다
 - 주요선들은 대형선이 자신을 잘 발견할 수 있을 것으로 기대하지만 실제는 그렇지 못하다
 - 안개는 목표물의 윤곽과 색깔을 흐리게 만들어 사물이 실제보다 먼 거리에 있는 것처럼 착각하게 만든다
- 야간 항해에서의 인지 편향:
 - 낮은 조명 수준 때문에 상대선박과 장애물의 발견은 어렵지만 상대적으로 강한 조명의 항로 또는 지능 인하여 길의 방향을 찾아가는데 주요한 역할을 하는 주변선은 상대적으로 방향을 못잡게 받음으로써 실제 시지각이 손상된 정도를 과소평가하여 속도를 충분히 줄이지 않게 된다

인식적발 의사결정 모형(RPD Model)



중다과제(Multitasking)와 주의관리(Attention Management)

- 항해자들은 여러 과제들을 동시에 수행하며 항해한다:
 - 선박의 제어위치 확인/타 선박의 동태 확인/위험요소 감시/항로표지 확인/항해계기 주시/청각과제/커뮤니케이션
- 주의(attention):
 - 우리의 제한된 인지능력을 효율적으로 사용하기 위하여 한 번에 적정량의 정보를 중요한 순서대로 우선적으로 처리하게 해주는 것이 바로 주의이다
 - 주의를 기울이는 것은 다른 자극을 차단하면서 동시에 어떤 자극에 주의를 집중할 만큼 충분히 예각성되어 있을 수 있는 능력에 의존한다
 - 주의의 4가지 유형:
 - 선택적(selective) 주의: 필요한 자극은 선택하고, 나머지는 무시
 - 분할(divided/allocation) 주의: 두 개 이상의 과제에 주의 기울이기
 - 주의 전환(attention switching): 적절한 시점에 적당한 정도로 주의 전환하기
 - 지속적(Sustained) 주의(vigilance): 시간이 지나가도 주의를 그대로 유지하기
 - 협력항해 중에는 과다한 방해자극 때문에 주의를 집중하는 것이 어렵게 된다:
 - 부적절한 주의, 부주의(mattention)주의분산(distraction)오주의(false attention)
 - 주의 고착(fixation of attention): 속도 조절은 생각하지 못하고 침묵수정만 고집
 - 주의 몰입(fascination): 상황을 보고는 있으나 그 위험을 인식하지 못하는 상태

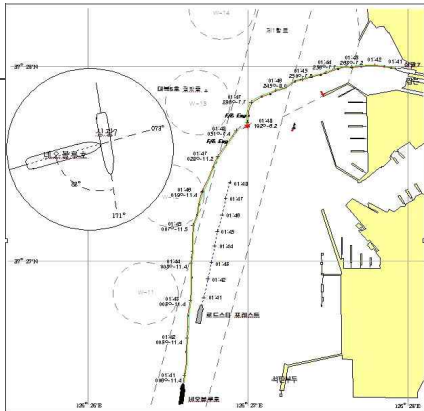
상황자각의 측정, 실패, 회복

- 상황자각의 측정 방법들:**
 - 상황자각 수행능력을 직접 측정(반응 시간 및 수행의 질을 통해서)
 - 직접적인 시험을 통한 측정:
 - ? 업무 수행 중 상황자각 관련한 질문하기 또는 심층탐사
 - ? 시뮬레이션 중 상황화면을 정지시킨 후 질문하기(SA Global Assessment Technique)
 - 구두 프로토콜:
 - ? 업무 수행 중에 수행자가 상황 전개와 함께 어떻게 상황자각하고 의사결정하고 있는지를 구두로 말하게 하는 방법
 - 주관적인 측정:
 - ? 자기 평가/ 전문가에 의한 판단/ 동료 또는 강사에 의한 등급 평가
- 상황자각의 실패와 회복:**
 - VTS 항해에서는 수많은 교통량(traffic)이 복잡한 항행환경에서 상호작용하면서 급격한 통행 패턴의 변화가 일어나기 때문에 항해자들은 상황자각의 실패를 경험하기 쉽다
 - 항해계획 수립 시에 생성한 정신모형(mental model)과 실제 항해 상황이 다를 경우, 대각도 변입으로 인한 방향감각을 상실한 경우 등, 상황자각을 잃을 경우가 많다
 - 상황자각의 손상 또는 실패 후 이를 알아차리는 것이 우선이다.
 - 상황자각의 손상 후 이를 수정하거나, 상황자각 실패 후 이를 회복하기 위해서는 고도의 경향이 필요하며 더할 나위 없이 침착하게 대처하기 위한 시나리오 기반 훈련이 필요하다

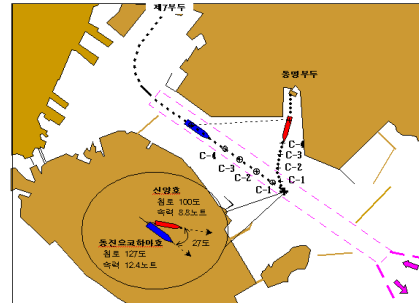
네오블루 vs 심광7 충돌사건의 개요

- 사건 개요:
 - 인천 북항에 입항하기 위하여 인천항 제1항로를 따라 항해하던 중 갑문에 입거하려고 급속한 제3의 선박을 추월하다 항로의 좌측 경계선을 벗어나 뒤 항로 우측을 향하여 우변침한 네오블루호(총톤수 4,259톤)의 정선부와, 인천 내항 제81번 선석에서 상하이항으로 가려고 인천항 갑문을 빠져 나와 인천항 제1항로를 가로질러 항로의 우측에 진입한 뒤 예정침로로 정침하던 심광7(2,398톤)의 우현중양부가, 2009. 12. 3. 01:48:20경 인천항 연안항구 북방파제 등대 서남서부 600m 해상에서 선순미선 교각 앞 82°로 충돌. 네오블루호의 선순부가 손상되고 심광7이 침몰하면서 심광7의 선원 1명이 사망한 사건
- 주요:
 - 이 충돌사건은 네오블루호가 개항의 항로에서 다른 선박을 추월하다가 심광7의 진로를 방해함으로써 발생한 것이다. 심광7이 항로에 진입하면서 상대선박의 진로를 예측하여 경계를 소홀히 한 나머지 네오블루호의 진로전방을 향하여 변칙한 것도 일인이 된다.

네오블루 vs 싱광7 충돌 상황도



신양호 vs 동진요코하마 충돌 상황도



신양호 vs 동진요코하마 충돌사건의 SA/DM 분석

Event & Decision Point	신양호의 SA/DM	동진요코하마의 SA/DM	VTS & TSA/DDM
06:12 동진Y의 내항방파제 통과보고	VTS와 동진Y와의 교신 미행취(SA1, TSA)하여 동진Y 인지 실패	타산박에 대한 동향 파악(SA1)	동진Y와 관련된 사항 중 파악하지 못함(SA2) 정보 전달 실패(TSA)
06:13:25 신양호의 출항 중인 진태이내선 출항	신양호의 선박을 호출하면 서도 단 방향으로 오고 VTS에 문의 시도 안함(SA2)	신양호의 불특정 선박의 호출이 사전 호출인 것을 감지하지 못함(SA1)	VTS에서는 신양호의 출항을 놓치는 바람에 후속 정보제공 기회 상실(TSA)
06:13:40-14:29 VTS가 신양호에게 입항선 정보제공	입항선을 정보확인하고 속도 낮추지 않고(SA2) 동진Y에 대한 인지 실패(SA1)	VTS와 신양호의 교신 통고신양호 인지했으나 신양호에 대한 관심 기울이지 않음(SA2)	VTS에서는 신양호와 입항선 통고의 조우를 고려하고 동진Y는 고려 안 함(SA1, TSA)
06:14:30 신양호의 증속 (6.6노트→9.7노트)	동진Y와의 충돌 우려 고려하지 않고 증속(SA3, DDM)	신양호의 증속을 전혀 인지하지 못함(SA1)	신양호의 증속을 전혀 인지하지 못함(SA1), 좌후 진행될 상황 파악 실패(SA3, TSA)
06:16 동진Y가 신양호를 육안으로 조인	입항선에 가려있는 동진Y를 전혀 인지 못함(memory failure)	신양호를 육안으로 인지하고도 아무런 동작 취하지 않음(SA2, SA3, DDM)	신양호와 동진Y가 충돌 자체를 가늠하지도 않는 것을 인지 못함(SA1, SA2, SA3)
06:17:4-18:25 신양호와 동진Y의 교신	추월하겠다고 주장하다가 늦게 좌회 변질(SA3, DM, DDM)	신양호의 잘못 따지고 피항동작 요구 후다가 자신의 갑측 및 변질이 복어함(SA3, DDM)	상황의 전개를 교신 시점에서 파악하는 바람에 개입 실패(SA1, TSA)
06:19 신양/동진Y 충돌			충돌 후 후속 대응 부족함(TSA, DDM)

네오블루 vs 싱광7 충돌사건의 SA/DM 분석

Event & Decision Point	네오블루의 SA/DM	싱광7의 SA/DM	로드스타 프레스트리의 SA/DM	VTS & TSA/DDM
01:07 네오/로드스타 추월의사 교환	인한데로 통과 인 주월 의도(SA3), 교신 후 추월 의도 없음(DM)	N/A	추월 할지 거부(실질적 인 DM)	기문 앞에서 벌어질 상황(중 통기반) 에버루시(DDM 실패)
01:39 싱광7LF 항과방법 합의	LF와 싱광7 교신 통고도 그 의미 파악 못함(SA2) 교신 실패(SA1)	LF와 통과방법 타진 후 좌회 통과 합의 네오 인지 실패(SA1)	싱광7에게 좌회 통과 제의(DM)	네오에 대한 인지 및 정보 제공 실패 - 좌회 안되고 통과된 인지 실패(TSA)
01:41 네오블루 추월 시작	LF갑측 확인(SA1) 후 추월시작(DM)	네오 및 네오/LF간의 거리 단축 인지 실패(SA1)	자선의 간문 전인 준비 안됨임(SA1), 네오의 추월 방지(DM)	추월 중 및 추월 후의 3선 박간 교통편의 위험도 무시(TSA)
01:43 항법적용시점		네오를 레이다 상 확인했으나 추적 안함(SA2, 263°-266°-250°-245°)		이른 단계로 항법적용 시점이라는 인식 없음
01:46 네오블루 우회 변질	싱광7이 245도로 진행할 것으로 예단(SA3, 우선 회시각(우회 10°각))	네오가 변질 중인 사실을 인지 못함(SA1)		네오가 우선회 결정시 타선들과 회피의 조우관계를 전혀 고려 안함
01:47 싱광7 좌회 변질		자본 전 네오가 변질한 것 인지 못함(SA2) 대각도 좌회 변질(SA1)		싱광7이 좌회 결정을 타선들과 회피의 조우관계를 전혀 고려 안함
01:48:20 네오/싱광7 충돌				네오와 싱광7의 충돌 후, LF의 후속 판단 미흡

신양호 vs 동진요코하마 충돌사건의 개요

- 사건 개요: 부산북항 동명부두를 떠나 대산항으로 향하던 석유제품운반선 신양호(총톤수 4,206톤)는 경계를 소홀히 한 채 항행선이 침몰하는 제1항로 중간에 과도한 속력으로 거의 직각으로 진입하던 중 출항하던 동진요코하마를 더 두루게 발견하고 극좌회전하였으나 2009년 6월 22일 06시 19분 경 부산항 제1항로 제3번 부표 부근 해상에서 동진요코하마와 충돌하였다. 제7부두 제7기 선석을 출항하여 감전할 강압조선에 일거하기 위해 정선상태로 제1항로를 따라 약 12.5노트의 속력으로 항해하던 화물선 동진요코하마호(총톤수 2,068톤)는 05시 50분경 상대선이 항로에 진입하고 있다는 사실을 인지하고 있었으나 선수 종전방정계에만 집중하다가 충돌 3분 전에 항로에 진입하고 있던 상대선을 육안으로 발견하고도 VHF로 진로를 피하라는 의사만 표시하고 항해하다가 충돌 직전에 우회 10도 타각을 주었으나 타각이 생기기 전에 충돌함.

주문:

이 충돌사건은 신양호가 부산항 제1항로에 진입하던 중 경계를 소홀히 하여 항로를 따라 항해 중이던 동진요코하마호의 진로를 피하지 못하여 발생한 것이나, 동진요코하마호가 과도한 속력으로 항해하면서 적절한 피항협력 동작을 취하지 아니한 것도 일인자이다.

맺음말

- VTS 협력항해에서의 상황자각의 중요성:
 - VTS 협력항해는 수많은 상황판단과 자율적인 의사결정등의 집합체이다
 - 해양사고의 원인 중, 조 선기술 보다는 항해관련 인지기술, 그 중에서도 상황자각과 의사결정과정이 직접적인 사고원인에 기여하는 요인이다
 - VTS 협력항해에서의 문제상황을 해결하면서 안전하게 항해하기 위해서는 인지적인 측면에서 서로의 SA와 DM을 돕고, 상호 협력하는 문화를 형성하여야 한다
- 상황자각을 기반으로 한 해양사고분석을 통해서 Human Error를 방지 가능:
 - SA 및 DM 개념을 도입함으로써 해양사고 분석을 심층화하여 사고의 근본원인을 발굴할 수 있다
 - SA ? DDM 단계별로 세분화하여 이해함으로써 사고로 이어지는 인과고리를 차단할 수 있다
 - TSA, DDM 과정을 통해 직접적인 상황파악이 아닌 전체적인 시각에서 상황을 판단하는 것이 가능하게 되어 사고를 예방할 수 있다
 - SA ? DDM 각 단계에서 어려울 수 있는 여유(White Space, Buffer Zone)를 확보할 수 있고, 보다 안전한 대안을 찾아 실행할 수 있다
 - 항해 중 항해사들에게 필요한 인지기술을 식별하여 맞춤형으로 교육함으로써 항해안전을 제고할 수 있다