

Situation Awareness and co-Navigation

정 기 남*, 서승준*, 노현수*, 이동섭†

*부산항 해상교통관제센터, † 한국해양수산연수원

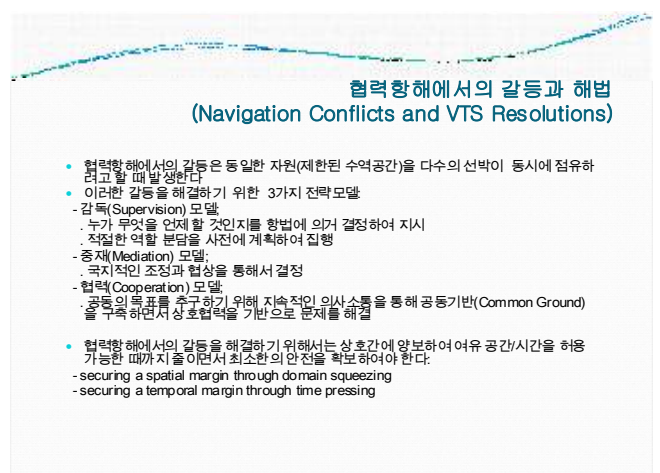
요 약 : VTS 항해의 특징은 동적복잡계의 특성을 보인다는 점이다. 자율적인 행위자들인 여러 선박이 서로 영향을 끼치며 상호작용하기 때문에 불확실성이 지배하게 된다. 이러한 불확실성으로 인한 위험을 극복하기 위한 방안으로 본 연구에서는 협력항해(co-navigation)이라는 개념을 중심으로 논의를 전개하였다. 본질적으로 협력항해는 수많은 상황판단과 의사결정들의 집합체이기 때문에 우선 개별 선박들의 상황판단이 어떻게 이루어지는가를 연구하는 것으로부터 출발하여야 한다. 따라서 본고에서는 항해에서 있어서의 상황자각이 어떻게 기능하는지 알아보고, 개인적인 상황판단에서 VTS 전체 차원의 최종 의사결정이 이루어지는 전 과정을 6단계로 세분하여 논의를 전개하였다. 이렇게 세분한 각 단계에서 양질의 인지과업이 이루어지도록 돕고, 이때 저지르게 되는 실수를 수정할 수 있도록 여유시간을 확보할 수 있도록 함으로써 궁극적으로 항해위험을 줄일 수 있다는 것을 이번 연구에서 밝히고자 하였다.

핵심용어 : VTS, 동적복잡계, 협력항해, 인지과업, Situation Awareness, Team Situation Awareness, Decision Making, Distributed Decision Making, co-Navigation, 항행의도, 위험지각, 작업기억, 미래계획기억, Recognition-primed Decision Making Model



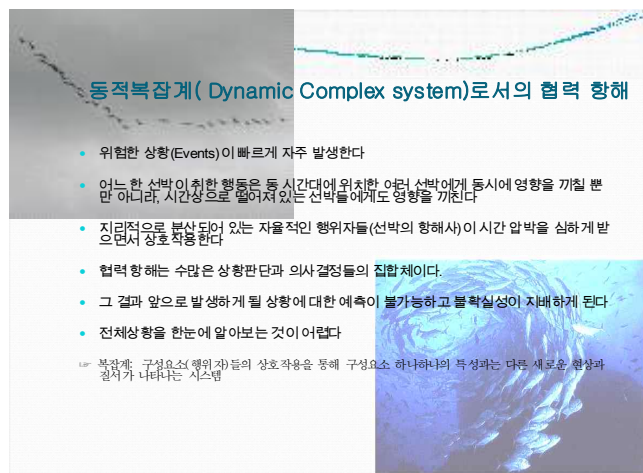
**Situation Awareness
& co-Navigation**

부산항 관제센터
 정 기 남, 서승준, 노현수
 한국해양수산연수원
 이동섭 교수



**협력항해에서의 갈등과 해법
(Navigation Conflicts and VTS Resolutions)**

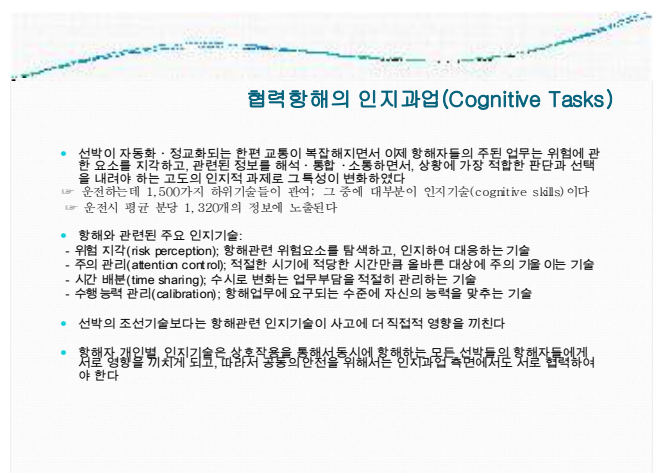
- 협력항해에서의 갈등은 동일한 자원(제한된 수역공간)을 다수의 선박이 동시에 점유하려 할 때 발생한다
- 이러한 갈등을 해결하기 위한 3가지 전략 모델
 - 감독(Supervision) 모델
 - 누가 무엇을 언제 할 것인지에 항법에 의거 결정하여 지시
 - 적절한 역할 분담을 사전에 계획하여 집행
 - 중재(Mediation) 모델
 - 극지적인 조정과 협상을 통해서 결정
 - 협동(Cooperation) 모델
 - 공동의 목표를 추구하기 위해 지속적인 의사소통을 통해 공동기반(Common Ground)을 구축하면서 상호협력력을 기반으로 문제를 해결
- 협력항해에서의 갈등을 해결하기 위해서는 상호간에 양보하여 여유 공간/시간을 허용 가능한 때까지 줄이면서 최소한의 안전을 확보하여야 한다.
 - securing a spatial margin through domain squeezing
 - securing a temporal margin through time pressing



동적복잡계 (Dynamic Complex system)로서의 협력 항해

- 위험한 상황(Events)이 빠르게 자주 발생한다
- 어느 한 선박이 취한 행동은 동 시간대에 위치한 여러 선박에게 동시에 영향을 끼칠 뿐만 아니라, 시간상으로 떨어져 있는 선박들에게도 영향을 끼친다
- 직접적으로 분산되어 있는 자율적인 행위자들(선박의 항해사)이 시간 압박을 심하게 받으면서 상호 작용한다
- 협력 항해는 수많은 상황판단과 의사결정들의 집합체이다.
- 그 결과 앞으로 발생하게 될 상황에 대한 예측이 불가능하고 불확실성이 지배하게 된다
- 전체상황을 한눈에 알아보는 것이 어렵다

복잡계: 구성요소(행위자)들의 상호작용을 통해 구성요소 하나하나의 특성과는 다른 새로운 현상과 질서가 나타나는 시스템



협력항해의 인지과업(Cognitive Tasks)

- 선박이 자동화·정교화되는 한편 교통이 복잡해지면서 이제 항해자들의 주된 업무는 위험에 관한 요소를 지각하고, 관련된 정보를 해석·통합·소통하면서, 상황이 가장 적합한 판단과 선택을 내려야 하는 고도의 인지적 과제로 그 특성이 변화하였다
 - ↳ 운전하는 데 1,500개의 하위기술들이 관여; 그 중에 대부분이 인지기술(cognitive skills)이다
 - ↳ 운전사 평균 분당 1,320개의 정보에 노출된다
- 항해와 관련된 주요 인지기술:
 - 위험 지각(risk perception); 항해관련 위험요소를 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
- 항해자 개인별 인지기술은 상호작용을 통해서 동시에 항해하는 모든 선박들의 항해자들에게 서로 영향을 끼치게 되고, 따라서 공동의 안전을 위해서는 인지과업 측면에서도 서로 협력하여야 한다

* 대표저자(정희원) 정 기 남 safer@hanafos.com 010-3672-5741

VTS 현장에서의 의사결정 환경의 특성

- 시간의 압력 속에서 결정하여야 한다
- 의사결정으로 인한 위험이 대단히 크다
- 숙련된 의사결정자들이 지휘자 역할을 한다
- 부적절한 정보로 인한 불확실한 상황이 자주 발생한다
- 명확히 정의되지 않는 목표들끼리 충돌하는 경우가 많다
- 허술하게 정의된 절차가 시행되고 있다
- 엉성하고 불확실한 프로세스로 진행된다
- 단서 찾기를 통해서 패턴을 이해하고 식별할 수 있어야 한다.
- 스트레스 요인이 높은 주변 환경과 연속적으로 변화하는 상황
- 혼자 결정을 내리는 경우는 없다

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 역동적으로 변화하는 상황들 간의 관계를 이해하여, 항해 여건이 미래에 어떻게 변화할 것인지를 예측하기
 - 항해자는 현재 상황이고 있는 상황을 알고, 현재의 상황이 어떻게 진행되어야 하는지를 알기 위해 다른(특수 상황)과 현 상황의 차이점 이해하여야 하고, 그리고 적시에 필요한 행동을 취해야 한다.

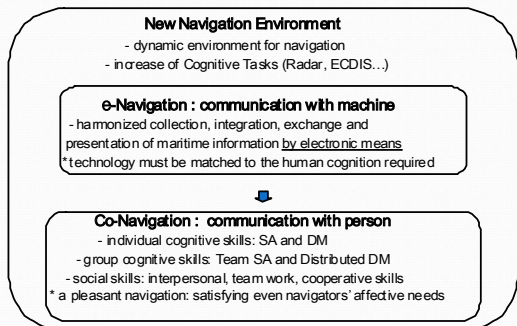
VTS co-Navigation

- 제한된 시공간 자원을 두고 경쟁하는 대신, 안심하고 Safety Margin을 줄일 수 있도록 협상을 증대하여 안전하고도 효율적인 항행 도모
- 항해자들의 팀상황자각(TSA)과 분산의사결정(DDM)을 지원하여 상생의 해법을 자율적으로 생성하도록 유도
- 스스럼없이 항행의도(Intention)를 표명하고 문기를 통해서 서로를 신뢰하는 가운데 협력하는 VTS 안전문화 고취
- VTS구성원 모두가 마음챙김(Mindfulness) 상태에서 조화롭고 즐겁게 함께 항해하도록 긍정적인 분위기 조성

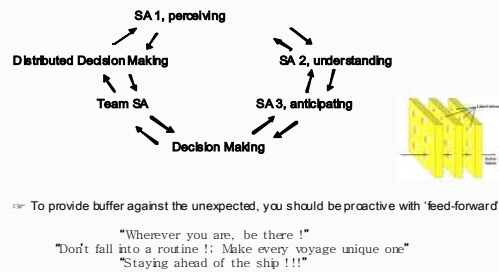
상황자각의 중요성

- Human Factor 가 사고의 원인으로 관련되었다고 분류된 항공기관련 사고의 88%가 상황자각 실패에 기인한다
 - Endsley, M. R. (1995)
- 항공관제사는 근무 시간의 90% 정도를 상황자각 유지에 사용한다
- 상황자각이 중요한 이유는 정신적 작업부하나 스트레스가 높은 상태에서는 사람들이 상황자각을 상실하는 경향을 보이고, 이것이 사고의 원인이 되기 때문이다
- 익숙해지면 상황자각에 소홀하기 쉽다:
 - 운전자들은 익숙한 도로에서 교통법규를 더 많이 위반하고, 사고율도 높다
 - 입출항이 잦은 급유선, 폐기를 운반선, 도선사 승선선박의 사고율이 높다
- 항해자의 주의를 분산시키는 그 어떠한 것도 용납되어서는 안 된다
- 항해자의 SA 관련 능력:
 - 작업기억능력(working memory capacity),
 - 미래계획기억(prospective memory),
 - 주의관리(attention management (focusing, dividing, switching)),
 - 지각속도(perceptual speed),
 - 공간인지기술(spatial skills (visualization, mental rotation, spatial orientation)),
 - 패턴인식능력(pattern-matching ability)

From e-Navigation to co-Navigation



From SA to DM



상황자각 1단계(SA 1)

- 단서 또는 자극을 통해서 환경 속의 요소들이 갖는 상태, 속성, 그것의 역할을 지각하기
- 항해자에게 요구되는 3가지 유형의 시각조절능력:
 - 레이더, 항해계기, 헤드 등 인쇄자료 정보판독을 위한 근접거리(33-41cm)
 - 기타 계기판 정보판독을 위한 중간거리(75-90cm)
 - 선교 외부 세계 관찰을 위한 원거리
- 항해자에게는 정보의 탐색과 변화의 탐지 능력이 절대적으로 요구된다
- SA 1 단계는 이미 습득된 지식과 앞서 구축된 상황자각에 많이 의존한다
 - 배경/맥락 등의 전체 그림이 그려져 있어야 효과적인 정보 검색 가능
 - 정형 많은 항해자들은 정보를 어디서 어떻게 찾아야 하는지, 어디를 더 면밀히 보아야 하는지를 안다
- 인간은 예상하기 위해서 본다:
 - 단서들에 대한 능동적 탐색이 중요
 - 위험이 있는 곳 뿐만 아니라, 위험이 있어야 마땅한 곳을 탐색할 수 있어야 한다
- VHF 고신을 통해 항해자가 주의를 기울여야 할 곳, 상황을 알려주는 것이 VTS의 주요 기능이다
- SA 1 단계를 제대로 수행하기 위해서는 주의 자원을 적절하게 배분하는 전략 필요

Decision Making

- 의사결정이란 어떤 결정에 이르는 사고나 행동과정을 말한다
- 다수의 선택 중에서 하나를 선택해야만 할 경우, 이러한 선택과 관련하여 어느 정도의 정보가 유용하고 요구되는 시간이 상대적으로 길고(1초 이상) 선택이 불확실성과 연관이 있을 때(즉, 어떤 것이 최선의 선택인지가 명확하지 않을 때), 이러한 과정과 재를 의사결정 과정이라고 한다
- 항행에 관한 의사결정은 위험을 포함하고 있기 때문에 각각의 대안선택과 관련된 위험에 대해서 효과적으로 평가할 수 있어야 한다
- The decision making is to be in the action continuum:
 - reactive; wait and be ready to act with the only possible choice, but do not procrastinate
 - inactive; hold back until more information is available
 - proactive; assertive, forward-focused action
 - **coactive**; involves a combined effort or partnership with others
- 의사결정의 유형:
 - 합리적 의사결정법: 여러 대안의 발생 확률과 기대효용을 비교하여 최상의 대안을 선택, 행렬표(Matrix), 의사결정나무(Decision Tree) 등을 사용
 - 발견법(heuristics): 선택과 관련된 많은 요인을 검토하는 것이 아니라, 목적을 달성하는데 어느 정도 만족스러운(satisficing) 선택, 그러나 특수성, 편향, 학습편향 등의 영향을 받기 쉽다.
 - 자연적(naturalistic) 의사결정법: 역동적이고 복잡한 실제 환경에서 시간 압박을 받는 가운데 이루어지는 의사결정
- ↳ 항해자들은 의사결정이 요구되는 시점과 지점을 미리 예측해 보아야 한다

상황자각 2단계(SA 2)

- 자신이 갖고 있는 목표들의 관점에서 이러한 단서들을 이해하고, 단편적으로 모은 정보들을 통합하여 자신의 목표들과 연관된 의미를 추출하기
- 항해와 관련하여 발생하려고 하는 사건(event)의 중대성/심각성을 평가하는 것이 핵심이다:
 - 일련의 정보 평가 작업을 통해 항해의 불확실성을 줄여나가기
 - 정보 평가: 정보의 내용, 신뢰성, 시급성을 판별하여 우선순위 결정
 - through continuous thinking with environment
- 복잡한 항해 환경에서 우리에게 필요한 것은 알맞은 정보와 함께 우리가 가진 정보를 이해할 수 있는 알맞은 방법이다
- 정보와 불확실성의 관계:
 - 필요한 정보가 없거나 부족하면 확신을 하지 못한다
 - 필요한 정보가 있어도 그것을 신뢰할 수 있을지 알지 못하면 불확실하다
 - 다른 정보와 상충하는 경우 확신을 할 수 없다
 - 정보들의 정확한 의미를 알지 못하면 의사결정을 할 수 없게 된다.

↳ 의사결정은 바로 내린 것 말고 추가정보를 더 모으는 이유는 대개 SA 2 단계가 제대로 이루어지지 않으면 '시간을 벌기 위한 평행한 경우가 많다'

Team Situation Awareness or Shared SA

- Definition of TSA:
 - at least in part the shared understanding of a situation among team members at one point in time
 - the action construction of a model of a situation partly shared and partly distributed between two or more agents, from which one can anticipate future states in the near future
 - the sharing of a common perspective between two or more individuals regarding current environmental events, their meaning and projected future
- 다양한 사고의 원인들은 개인적 차원의 실패보다 팀 차원의 실패가 더 많다
- 대부분의 팀 차원의 실패는 공통기반(Common Ground)의 붕괴와 관련이 있다:
 - 공통기반은 팀원들 간의 업무를 조정하기 위해 공유하는 지식(knowledge), 신념(belief), 이력(history)
 - 공통기반은 팀원들 간에 서로의 행동을 예측할 수 있게 해준다
 - 팀원들이 각자에게 주어진 정보에 근거하여 각각의 상황자각만을 고집한다면 팀 상황자각에 실패할 수 밖에 없고, 이것이 사고의 주요 원인으로 작용하게 된다
- Basis of TSA:
 - Shared knowledge, joint attention, transactive memory, information sharing, and cross-checking
 - 적절한 TSA가 형성되고 유지되기 위해서는 커뮤니케이션이 중요한 역할을 한다
- ↳ "Talk to the Sea!"
"Must ask, not act!"

상황자각 3단계(SA 3)

- 미래에 전개될 상황을 예측(내적 시뮬레이션하기)
 - ↳ 예견(Anticipation): 상황이 전개되기 전에 미리 보는 행위(begin to see before event develops)
- 예견적 사고(Anticipation Thinking):
 - 앞으로 어떤 일이 일어날지를 적극적으로 추론하는 방법에 관한 것이다
 - 예기치 못한 사건의 발생을 미리 감지하고, 예상했던 사건이 일어나지 않는 것을 감지할 수 있어야 한다(SA3 → SA2)
 - 예견적 사고를 통해 축적된 경험과 지식이 예외적 상황이 발생할 것 같은 곳을 주시할 수 있게 된다(SA3 → SA1)
- 예측이 빗나갈 경우에 대비한 대책이 미리 수립되어야 한다(3" Monitoring task)
- 시뮬레이션을 통해 단 순히 중독가능성만 예측할 것이 아니라, 어느 선택이 항해를 위반할 가능성이 높은가 까지 판단할 수 있어야 한다
- SA3 단계를 수월히 하여 비정상적인 상황이 자주 발생하는 경우, 반사적 대응을 자주 하게 되고 그럴수록 → 인지과업의 부담이 커진다
- 충분한 항행자각을 SA 3 단계에 많은 노력을 기울여 전문성을 발휘한다 → SA 1, SA 2 단계에 주의를 기울임 시간을 더 확보할 수 있게 되고, 보다 양질의 항행 의사결정을 할 수 있게 된다

분산의사결정(Distributed DM)

- 적절한 **safety margin** 합의 하기 → 합의된 domain이 크지도 작지도 않아야 → effective VTS Navigation (safe, efficient, comfortable)
- 어느 한 선박의 항행 의사결정이 서로 영향을 끼치는 역동적 의사결정 시스템에서는 **분산 의사결정시스템이 효과적이다**
- 서로 물리적으로 떨어져 있지만 하나의 팀을 이루어 협력한다
- 중앙의 통합조정자가 없이도 작동되어야 한다
- 역동적 복잡계인 VTS 항행 환경에서는 역동적 복잡계시스템이라야 성공 가능하다.
- 항해자들의 의사결정 내용과 왜 그렇게 결정했는지에 관해서 적극적으로 의사소통이 이루어져야 한다