

무기체계 훈련 간 상황인식 평가 프로세스 개발 : 인지공학적 관점에서

박재은*, 신창훈, 이혜원, 윤정아
LIG넥스원 ILS 연구소

A Study of the Situation Awareness Assessment Process During Training in Weapon System

Jae-Eun Park*, Chang-Hoon Shin, Hye-Won Lee, Jeong-Ah Yoon
ILS(Integrated Logistics Support) R&D Lab, LIG Nex

요약 무기체계는 과학기술의 발전에 따라 S/W 중심으로 변화되고 있으며 다양화·복잡화되고 있다. 무기체계 S/W 사용자의 상황인식 수준은 신속·정확한 판단에 영향을 미치기 때문에 훈련 시 정확한 평가가 필요하다. 그러나 기존 무기체계 S/W 사용자의 상황인식 수준은 단순 상황해결 유무 또는 평가자의 정성적인 판단으로 평가되고 있다. 본 연구는 무기체계 S/W 사용자의 상황 인식 수준을 체계적이고 정량적으로 평가할 수 있는 평가 프로세스를 제안하고자 한다. 본 연구에서는 ACT-R (Adaptive Control of Thought - Rational) 인지아키텍처에 인지공학 이론인 SA (Situation Awareness)와 Fitts' Law를 접목하여 사용자의 상황 인식 수준을 정량적으로 나타내는 Cognition Ratio 개념을 제안하였다. Cognition Ratio는 지각(Perception)과 행동(Psychomotor)을 포함한 인지 행동 과정 중 인지(Cognition)의 비율로 구성되었다. 또한, 본 연구는 Cognition Ratio를 활용하여 사용자 상황인식 수준을 정량적으로 평가할 수 있는 평가 프로세스를 개발하였다. 본 연구에서 개발된 평가 프로세스는 다양한 무기체계 S/W 사용자의 상황인식 수준을 효과적으로 평가하는 데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract The role of S/W in weapon systems has been developed with various functions and complex structures. As the weapon system S/W is directly related to quick and accurate decision making of users, more accurate evaluation is required during the training. However, situation awareness of weapon system S/W users has only been assessed qualitatively such as by simple test or qualitative judgement. Therefore, this study suggests the 'Cognition Ratio' concept which represents the quantitative of users by combining ACT-R cognitive architecture to SA (Situation Awareness) and Fitts' Law based on the theory of cognitive engineering. The cognition ratio is a ratio of cognition among the whole cognitive behavior process including perception and psychomotor. Moreover, this study provides a systematic assessment process of situation awareness that will be applicable to various weapon system S/W for effective assessment.

Keywords : ACT-R, Cognition Ratio, Cognitive Architecture, Fitts' Law, Situation Awareness

1. 서론

무기체계는 과학기술 발전 속도에 따라 과거, 화약, 내연기관 등 물리적 폭발력이나 파괴력에 의존하였던 제라식 무기에서부터, 정보통신 및 첨단 소재 기술 등을 활

용한 다목적 기동장비, 무인항공기, 전장감시장비체계, 이를 뛰어 넘어 우주무기개발까지 급속하게 발전하고 있다. 이는 무기체계 개발이 하드웨어(H/W) 중심에서 소프트웨어(S/W) 중심으로 발전하고 있음을 나타낸다. 또한, 이에 따라 무기체계는 보다 첨단화, 정밀화, 복잡화

*Corresponding Author : Jae-Eun Park(LIG Nex)

Tel: +82-10-4100-3026 email: jaeun.park@lignex1.com

Received September 26, 2017

Accepted January 5, 2018

Revised (1st October 25, 2017, 2nd November 16, 2017)

Published January 31, 2018

되고 있다. 소프트웨어 비중이 급격히 증가함에 따라, 무기체계에 탑재된 대부분의 기능을 통제장치의 소프트웨어로 운용·조작할 수 있도록 개발되고 있다[1].

Ferguson[2]에 의하면, 1960년대 전투기는 탑재 기능의 10% 미만이 소프트웨어로 운용되었지만, 2000년대에 개발된 전투기(F-22, 랩터)는 탑재 기능의 약 80%가 소프트웨어로 운용된다고 한다. 따라서, 무기체계의 통제장치를 실수 없이 잘 운용하고 조작하는 것이 무기체계의 기능을 제대로 사용하고, 성능을 최대한 발휘하기 위한 핵심 요소가 되고 있다.

한편, 무기체계 특성 상 일반적이지 않은 상황에서 효과적인 임무를 수행해야 하므로, 무기체계 운용을 관장하는 통제장치는 운용자가 쉽고 정확하게 조작할 수 있도록 개발되고 있다. 따라서, 운용자의 의사결정을 돕기 위해 신속하고 정확한 정보를 제공하고, 운용자 실수(Human Error)를 최소화할 수 있는 인터페이스 연구·개발이 이루어지고 있다.

특히, 국방 무기체계 통제 시스템의 인터페이스 개발 시, 비교적 사용성 평가가 쉽고, 운용자의 운용행태를 파악할 수 있는 생태학적 인터페이스 디자인(EID, Ecological Interface Design)이 활용되고 있다[3]. 생태학적 인터페이스 디자인 방법론은 방위산업뿐만 아니라, 안전과 직·간접적으로 연결된 여러 산업에서 활용되고 있다.

이와 같은 연구·개발을 통해 최첨단 통제장치들이 개발되고 있음에도 불구하고, 서두에서 밝힌 바와 같이 무기체계의 기능이 다양해짐에 따라 실제로 운용하기 위해서는 효과적인 교육·훈련이 불가피하다. 즉, 무기체계 통제장치 개발 시에는 운용자가 조작하기 쉽게 만드는 것이 목표라면, 개발 후에는 운용자가 무기체계의 각 기능을 이해하여, 임무 수행 시 실수 없이 조작할 수 있는 능력을 갖추기 위한 훈련을 해야 한다.

과거, 재래식 무기를 운용할 때는 운용자의 신체적 능력이 절대적으로 중요하였다. 따라서, 군의 교육·훈련은 무거운 것을 들 수 있는 힘, 지치지 않는 지구력과 같이 체력단련을 전제로 한 훈련들이 기본을 이루었으며, 부가적으로 이를 극대화하기 위한 정신교육을 강조하였다. 그러나, 무기체계가 디지털화되면서, 군의 교육·훈련은 CBT(Computer Based Training) 기반의 다양한 방식으로 이루어지고 있다. 특히, 가상현실(Virtual Reality), 증강현실(Augmented Reality), 동작인식기술을 적용한 NUI

(Natural User Interface) 등 다양한 기술과 HMD(Helmet Mounted Display), 3-D Display, IR(Infrared Ray) Projector 등 보조도구를 적용한 교육·훈련 방법들을 개발하고 있으며, 교육·훈련 경과와 수준 향상을 평가하기 위해 여러 시도가 이루어지고 있다[4].

그러나, 현재 군에서 수행되는 운용자 훈련수준 평가는 주로 주어진 시나리오에 대해 모의하거나, 각 기능에 대한 옹고 그림을 문제풀이 형식으로 확인하고 있다. 이는 과거 물리적 신체 능력에 대해 평가하던 수준과 크게 다르지 않다. 미래 무기체계 운용자 수준을 평가하는 방법은 교육·훈련을 통해 무기체계에 대한 운용자의 인지적 능력이 향상되었는지 확인할 수 있어야 한다.

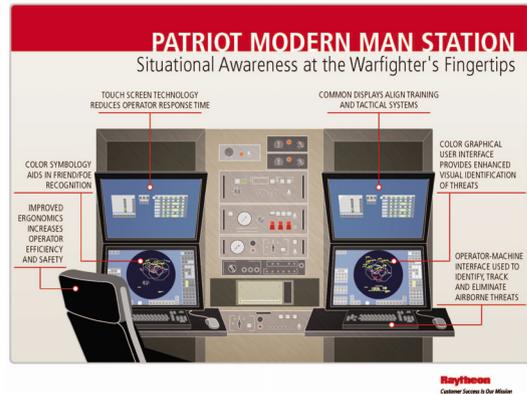


Fig. 1. Patriot Modern Man Station

Fig. 1은 유도무기체계 통제장치의 한 예로, 디스플레이와 여러 조작장치로 구성된 콘솔에서 다양한 정보들이 제공되고 있으며, 이를 실수 없이 다루기 위해 체력적인 부분보다는 사용자의 인지적 능력이 중요함을 알 수 있다[5]. 인지공학적 관점에서 해석하면, 운용자는 통제장치의 멘탈 모델(Mental Model)을 명확하게 정립해야 하며, 현 상황 및 임무에 대한 올바른 상황인식(SA, Situation Awareness)을 통해 임무를 수행해야 한다.

Endsley[6]는 이러한 SA를 측정하기 위해 SAGAT(Situation Awareness Global Assessment Technique)이라는 기법을 고안하였으며, Kaber[7]는 이를 활용하여 항공기를 통제하는 관제사들의 상황인식 변화에 대해 정량적인 연구를 하였다. 또한, Kim and Myung[8]은 Kaber의 비행 과제에서 연구한 상황인식 변화를 ACT-R(Adaptive Control of Thought - Rational)이라

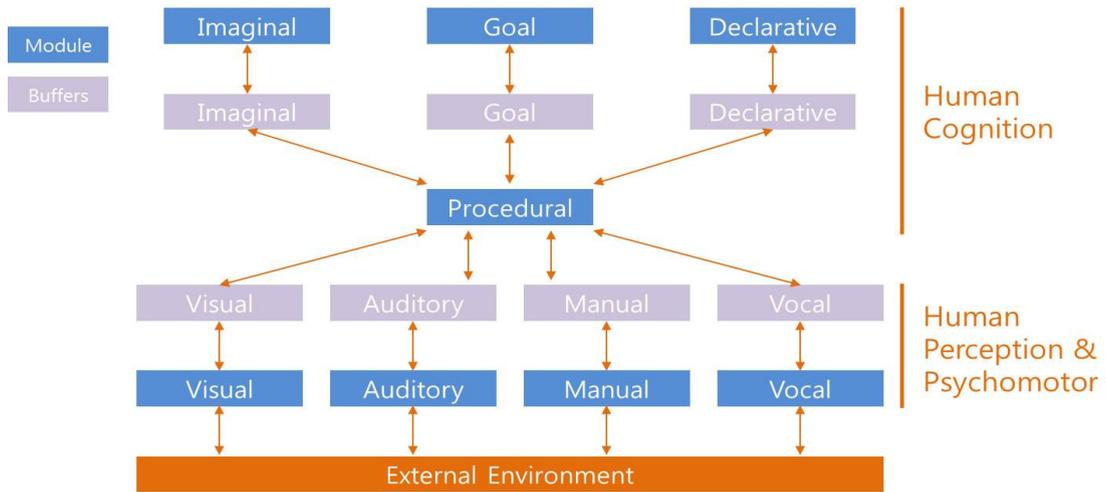


Fig. 2. Modular Representation of ACT-R Cognitive Architecture

는 인지아키텍처의 알고리즘을 통해 예측하였다.

본 연구에서는 인지아키텍처인 ACT-R을 기반으로 하여 인지공학 이론인 SA, 인간의 정신행동(Psychomotor)을 표현하는 Fitts' Law의 이론적인 배경을 검토하고, 이를 바탕으로 훈련자 행태 분석을 통한 'Cognition' 산출방법 및 무기체계 운용자의 상황인식 평가 프로세스에 대한 연구를 진행하고자 한다.

먼저, ACT-R의 이론과 구조, 적용 사례, SA의 구조 및 적용 사례, 측정 기법, Fitts' Law의 형태와 활용에 대해 살펴본다. 다음으로 훈련자 행태 분석을 통해 'Cognition'에 대한 개념 및 알고리즘을 제안한다.

본 연구의 궁극적인 목표는 인지아키텍처와 인지이론을 활용하여 무기체계 운용자의 상황인식 수준을 정량적으로 측정 및 평가하기 위한 프로세스를 개발하는 것이다.

2. 이론적 배경

2.1 ACT-R(Adaptive Control of Thought - Rational)

ACT-R은 인간의 행동을 묘사하는 인지 아키텍처로서 인간의 인지 행동 과정을 'Module' 간의 상호작용으로 나타내고 있다. 이는 방대한 심리학 실험 결과를 바탕으로 하고 있으며, 인지심리학, 교육, HCI(Human-computer Interaction), 신경과학 등에서 활용되고 있다[9].

ACT-R의 구조를 살펴보면 7개의 'Module'과 각각의 'Buffer'로 구성되어 있고, 인간의 인지행동에 따라 'Buffer'의 정보를 처리하는 'Procedural'가 있다.

'Module' 간 상호작용은 인간의 정보 처리 과정을 나타내며, 각 'Module'은 'If-Then' 알고리즘에 따라 실행된다. 'If'는 'Goal Module'의 정보와 'Declarative memory'의 정보를 비교하여 적절한 'Production'을 선택한다. 'Then'은 선택된 'Production rule'을 실행한다.

각 'Module'에 대해 살펴보면, 'Imaginal module'은 현 상황 및 과제(Problem)에 대한 정신적 표상(Mental representation)을 가지고 있다.

'Declarative module'은 인간의 장기 기억(Long-term memory)과 관련된 'Module'이며, 정보를 불러오거나 기억에 정보를 저장하는 것을 나타낸다.

'Goal module'은 Task를 수행하기 위해 현재의 의도를 계속 진행시킨다. 인간의 인지단계에 따른 인지수행 시간과 그에 따른 인식 및 실제 물리적 수행시간을 산출할 수 있다.

'Procedural module'은 각 'Module' 사이에서 'Production rule'을 비교하고 처리하는 정보교환 및 커뮤니케이션의 역할을 수행한다.

'Visual / Auditory module'은 지각(Perception)과 관련된 'Module'이며, 외부환경으로부터 시각적 / 청각적 정보를 보거나 듣는 것을 나타낸다.

'Manual / Vocal module'은 인간의 물리적 행동과 관련된 'Module'이며, 움직임(팔, 다리 등) 말함으로

24.345	PROCEDURAL	PRODUCTION-FIRED CONTROL-PROCESS-NEAR-ATTEND-FAR
24.345	VISION	SET-BUFFER-CHUNK VISUAL-LOCATION LOC317
24.500	PROCEDURAL	PRODUCTION-FIRED CONTROL-ATTEND-NEAR
24.500	VISION	SET-BUFFER-CHUNK VISUAL-LOCATION LOC321
24.550	PROCEDURAL	PRODUCTION-FIRED CONTROL-PROCESS-NEAR-ATTEND-FAR
24.550	VISION	SET-BUFFER-CHUNK VISUAL-LOCATION LOC322
24.600	PROCEDURAL	PRODUCTION-FIRED CONTROL-ATTEND-CAR
24.600	MANUAL	MANUAL-STEERING
24.655	PROCEDURAL	PRODUCTION-FIRED CONTROL-DONE-STABLE
24.655	GOAL	SET-BUFFER-CHUNK GOAL CONTROL73
24.655	TEMPORAL	SET-BUFFER-CHUNK TEMPORAL TIME77
24.955	PROCEDURAL	PRODUCTION-FIRED CONTROL-ATTEND-NEAR
25.005	PROCEDURAL	PRODUCTION-FIRED CONTROL-PROCESS-NEAR-ATTEND-FAR
25.005	VISION	SET-BUFFER-CHUNK VISUAL-LOCATION LOC326
25.060	VISION	SET-BUFFER-CHUNK VISUAL-SIMOBJ1505
25.100	MANUAL-FOOT	MANUAL-FOOT-LINEAR-FM
25.100	PROCEDURAL	CONFLICT-RESOLUTION
25.150	MANUAL-FOOT	PREPARATION-COMPLETE
25.150	PROCEDURAL	CONFLICT-RESOLUTION
25.200	MANUAL-FOOT	INITIATION-COMPLETE
25.200	PROCEDURAL	CONFLICT-RESOLUTION
25.531	MANUAL-FOOT	MANUAL-FOOT-LINEAR-FM
25.531	PROCEDURAL	CONFLICT-RESOLUTION
25.581	MANUAL-FOOT	FINISH-MOVEMENT
25.581	PROCEDURAL	CONFLICT-RESOLUTION
25.631	BRAKE	25.631

Fig. 3. Results of ACT-R Driving Model

써 외부환경에 대해 적절한 행동 또는 반응을 나타낸다.

‘Buffer’는 각 ‘Module’에서 단기 기억 (Short-term memory)으로 작용하며, 한 번에 하나의 ‘Chunk’(정보)를 다루게 된다. 이는 인간의 인지 한계 또는 망각에 대한 부분을 나타낸다. 반면에, 각 ‘Module’은 수 많은 ‘Chunk’를 가지고 있을 수 있는데, 이는 인간이 멀티태스킹을 할 수 있음을 의미한다. 단, 이 정보를 ‘Retrieval’(검색) 하기 위해서는 별도의 시간이 소요된다.

한편, 다음의 ACT-R 운전 모델은 ACT-R을 통해 어떻게 인간의 인지과정을 시간으로 산출할 수 있는지 보여주고 있다.

ACT-R 운전 모델의 Task와 실행 결과를 보면, 어떤 방식으로 훈련자 행태 분석 및 모델링을 수행할 수 있는지 알 수 있다.

Fig. 3는 운전자의 인지 과정을 나타낸 것으로, 시간 흐름에 따라 어떠한 인지 행동을 하는지 알 수 있다.

Fig. 3에서 첫 열은 시간의 흐름, 두 번째 열은 Module 간 상호작용, 세 번째 열은 해당 Module에서 어떠한 인지 작용이 일어나는지 나타낸다.

인지 과정을 살펴보면, 24.345, 24.550, 25.005에서 운전자는 앞 차와 거리(near, far)를 계속해서 비교한다. 24.600에서는 차선이 곡선으로 변화함에 따른 운전대 조작을 나타낸다. 25.100에서는 앞 차와의 간격을 조정하기 위한 발동작을 나타낸다.

이와 같이 ACT-R은 특정 작업의 인지 행동 과정을 시간의 흐름에 따라 모델링하는 데 유용하다.

위에서 살펴 본 ACT-R을 기반으로 하여 본 연구에서는 상황인식 평가 프로세스 중 시간 흐름에 따른 훈련자의 인지행동을 모델링하고자 한다. 이는 훈련자의 인지 행동과 물리적 행동을 각 모듈에 적용하고, 모듈의 활성화와 정보 처리 과정을 정량적으로 분석하는 데 활용한다.

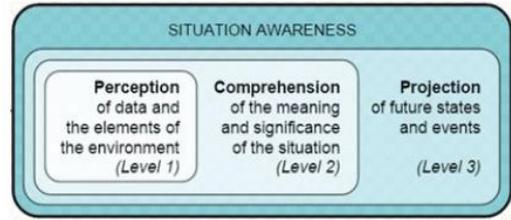


Fig. 4. Endsley's Model of Situation Awareness

2.2 SA (Situation Awareness)

SA는 Endsley[10]에 의해 정립된 인지 이론으로서, 동적 시스템(Dynamic system)에서 인간의 상황 인식에 대한 이해 및 인지 과정을 나타낸다. SA는 인간의 상황 인식을 3단계로 구분하여 설명하고 있다.

1단계는 ‘Perception’으로, 외부 환경의 요소(색, 위치, 속도, 크기 등)나 데이터, 정보의 변화 등 물리적인 지각을 하는 단계이다.

2단계는 ‘Comprehension’으로, 외부 상황 및 정보가 의미하는 바와 중요한 점을 전체적인 그림의 형태로 이해하는 단계이다.

3단계는 ‘Projection’으로, 1, 2단계를 통해 가까운 미래의 상태나 정보 변화가 어떻게 변화할지 예측하는 단계이다.

SA는 항공과 관련된 영역에서 먼저 연구가 시작되었으며, 동적 시스템이 다양해짐에 따라 자동차 운전 중 크루즈 컨트롤 및 휴대전화 사용에 따른 상황인식 연구 [11], 잠수함 항로 관리 시뮬레이션에서 상황인식 측정 [12], 군 전투 상황 인식[13] 등 다양한 분야에서 연구되고 있다.

SA를 측정하기 위한 대표적인 기법으로 SAGAT이 있다. 이는 Endsley[10]의 SA 이론을 바탕으로 하는 것으로, 모의 훈련 또는 실험을 진행하는 도중 한 시점에서 화면을 일시정지 시키고 각 단계별 상황 인식과 관련된 문제나 과제를 해결하도록 한다. 문제 해결 후 실험은 다시 재개되며, 이러한 과정을 반복하여 상황 인식 수준을 정량적으로 측정한다.

본 연구에서는 SA 이론을 활용하여 훈련자의 인지 행동 과정 중 상황 인식에 대한 과정을 설명하고, Cognition Ratio를 산출하기 위한 기본 개념으로 활용된다. 즉, 앞서 ACT-R로 훈련자의 인지 행동을 모델링한 후 이를 SA 개념에 맞게 분류하여 Cognition Ratio를 평가하고자 한다.

또한, 본 연구의 상황인식 평가 프로세스에서 훈련자의 인지적 능력을 측정하는 방식은 SAGAT 기법을 적용하여 문제제시에 따른 문제 해결을 기본으로 한다.

2.3 Fitts' Law

Fitts[14]는 인간의 정신적 행동과 정보를 처리하는 일련의 과정들이 하나의 시스템과 같다고 하였다. 즉, 인간의 행동은 지각, 인지, 이해, 행동 결정, 행동 등의 과정으로 이루어지고, 이러한 과정은 내·외부의 정보를 처리하고 직·간접적으로 반응하는 정신적 움직임이라고 할 수 있다.

Fitts' law는 인간의 정신적 움직임을 묘사하고 예측하기 위한 모델로서 정보처리이론을 바탕으로 하고 있으며, HCI분야에서 인간의 운동행태 및 행동을 이해하는데 유용한 기초이론이다[15].

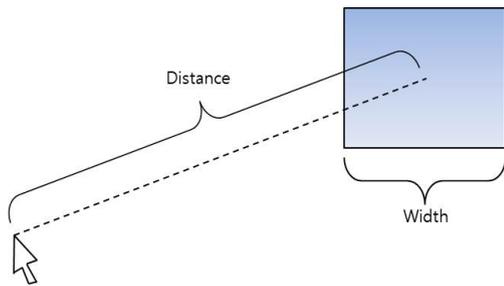


Fig. 5. Example of Fitts' Law

Fitts' law는 Fig. 5와 같이, 타겟의 크기와 타겟까지의 거리 변화에 따라 포인팅하는 데 소요되는 시간(MT, Movement Time)을 다음과 같은 식으로 나타내고 있다.

$$MT = a + b \log_2(2D/W) \quad (1)$$

위 식에서 $\log_2(2D/W)$ 는 난이도(Index of Difficulty)를 나타내는 것으로 D(Distance)는 시작 지점과 타겟의 중심 간 거리를 나타내며, W(Width)는 타겟의 너비를

의미한다. 거리가 증가할수록, 타겟의 너비가 작을수록 난이도는 높아진다. a와 b는 상수이며, 실험 결과에 따라 회귀분석을 통해 결정된다.

Fitts' law는 대상의 형태에 따른 인지적 과정을 시간으로 나타낼 수 있어, 다양한 작업과 환경에 적용 가능하다. 따라서, 손가락 포인팅 작업[14]부터 마우스 커서 조작[16], 휴대전화 키패드 입력 평가[17] 등에서 정량적인 분석에 활용되고 있다. 이 뿐 아니라, 3차원 환경[18], 가상환경[19], 그리고, 손동작 뿐 아니라 발동작 묘사[20]에도 활용되고 있다.

본 연구에서는 훈련자 행태 분석 시, 훈련자의 물리적 행동을 Fitts' law로 설명하고자 한다. 물리적 행동은 문제 제시에 따른 훈련자의 인식과 마우스 커서 조작과 키보드 타이핑, 콘솔의 스위치 조작 등을 의미한다.

3. 훈련자 행태 분석

무기체계 훈련 간 상황인식 평가를 위한 훈련자 행태는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6은 훈련 진행에 따른 훈련자의 행태분석에 대한 시나리오이다. 훈련 진행 중 디스플레이에서 훈련자에게 지문이 제시되면, 훈련자는 지문을 확인하고, 지문이해 및 목표 선정, 행동 결정, 행동 및 결과확인 등의 과정을 거친다. 이 과정은 필요한 만큼 반복된다.

이 훈련 행태 및 과정은 시간의 흐름에 따라 'Log'로 기록되고 이를 인지 아키텍처인 ACT-R로 모델링한다. 앞서 운전 모델과 같이 훈련 과정을 ACT-R의 각 'Module'에 매칭한다. 즉, 지문확인-Visual module, 지문이해-Declarative memory, 목표 선정-Goal module, 행동결정-Procedural module, 행동-Manual module로 매칭한다.

Fig. 7은 본 연구에서 훈련 행태 분석을 위해 ACT-R의 7개 모듈을 'Perception & Psychomotor'와 'Cognition'으로 범주화하고, Fitts' law와 SA 이론의 각 개념이 어떻게 매칭되는지 보여주고 있다.

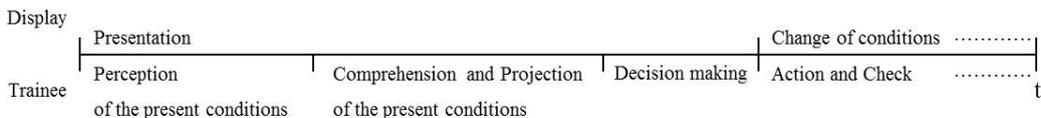


Fig. 6. Behavior of Trainee in Practice

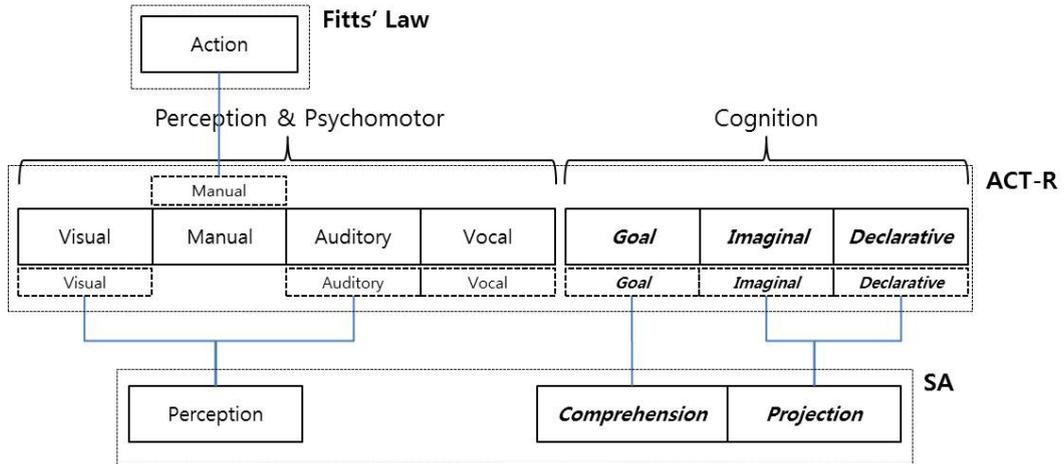


Fig. 7. The Representation of ACT-R Module Relations with SA & Fitts' Law

먼저, ‘Perception & Psychomotor’에서 ‘Visual module, Auditory module’은 지각과 관련된 ‘Module’이므로, SA의 ‘Perception’과 연결되고, ‘Manual module’은 훈련자가 직접 조작한 키보드 또는 마우스의 움직임을 ‘Log’ 기록에 따라 시작 지점과 타겟 간의 거리를 구하여 Fitts’ law로 계산한다. ‘Vocal module’은 음성에 대한 부분이므로, 본 연구에서는 제외한다.

다음, ‘Cognition’에서 ‘Goal module’은 현재 상황에 대한 이해를 나타내는 SA의 ‘Comprehension’과 연결되며, ‘Imaginal module’ 및 ‘Declarative module’은 미래 상태에 대한 예측을 나타내는 SA의 ‘Projection’과 연결된다.

ACT-R의 각 부분의 활성화는 시간을 통해 나타낼 수 있으므로, 훈련자 행태를 모델링하고, 이를 SA의 각 부분으로 매칭하면 훈련자의 행태를 정량적으로 측정할 수 있다.

4. Cognition Ratio

본 연구에서는 ACT-R을 통한 훈련자 행태 모델링을 기반으로, 인지적 수준 향상 정도를 평가하기 위해 SA 이론의 Perception, Comprehension, Projection 개념을 활용한다. 이를 통해, 훈련자가 해당 문제나 상황에 익숙해지면 상황인식 과정이 개선됨을 확인하고, 전체 훈련 수행 시간(지각시간:Perception + 인지시간:Comprehension +

물리적 행동시간:Psychomotor) 중 인지 시간이 줄어드는 것을 정량적으로 확인할 수 있다.

$$Cognition\ Ratio = \frac{Cognition}{(Cognition + Perception + Psychomotor)} \quad (2)$$

즉, Cognition Ratio는 인지 행동 과정 중 지각(Perception)과 행동(Psychomotor)을 제외한 인지(Cognition)의 비율을 나타내고 있다. 이는 SA (Situation awareness) 이론 중 ‘Comprehension’ 및 ‘Projection’에 해당하는 부분으로, 인지적 수준 향상의 척도로 활용된다.

$$Cognition = Comprehension + Projection \quad (3)$$

‘Perception’은 ACT-R(Adaptive Control of Thought - Rational)의 지각과 관련된 부분으로 ‘Visual module’로 나타낸다. ‘Visual module’은 문제가 제시되거나 타겟이 나타나는 경우 즉각 반응함으로써 활성화되며, 이에 대한 반응 시간을 나타낸다.

$$Psychomotor = Fitts' law \text{에 의한 } MT \quad (4)$$

‘Psychomotor’는 훈련자의 물리적 조작인 마우스 커서 위치와 타겟 간의 거리, 키보드 입력 등을 Fitts’ law로 산출하여 ‘Movement Time’으로 나타낸다.

Cognition Ratio는 상황인식 평가 모델의 최종단계에서 훈련자의 인지적 수준 향상 정도를 평가하는 척도이

자, 상황인식 능력이 충분히 개선되었는지 정량적으로 판단할 수 있는 기준이 된다.

5. 결과(훈련자 평가 프로세스)

본 연구는 ACT-R 인지 아키텍처를 기반으로 SA 인지 이론과 Fitts' Law를 통해 훈련자 행태를 분석하고, Cognition Ratio 산출 방법을 연구하여 무기체계 훈련자의 상황인식 수준을 평가하는 프로세스를 개발하는 것이다.

서두에서 밝힌 바와 같이 상황인식 평가 프로세스는 무기체계 통제장치 훈련 시 훈련자의 상황인식 수준을 평가하기 위해 개발한 것으로, 모델을 구현하기 위해서는 훈련시스템 설계 및 커리큘럼 계획에 대한 연구가 더 필요하다.

따라서, 본 연구에서 개발한 프로세스는 다음과 같은 가정을 두고 있다. 이 가정은 각 연구에서 증명되었고, 본 연구에 적용 시 본래의 연구성과를 그대로 구현한다.

- ACT-R 인지 아키텍처는 운전 모델에서 적용된 바와 같이 인간의 인지 과정을 시간의 흐름에 맞게 설명한다.
- SA 인지 이론은 군 전투 상황인식 연구에서 적용된 바와 같이 인간의 인지과정을 세 단계로 나눌 수 있으며, 각 단계에 따라 ACT-R 인지 아키텍처의 모듈이 활성화 된다.
- Fitts' Law는 다양한 포인팅 연구에서 확인된 바와 같이 타겟에 따른 인간의 움직임 시간을 나타낸다.

Fig. 8는 인지아키텍처를 활용한 무기체계 훈련 간 상황인식 평가 모델의 프로세스 개념도이다.

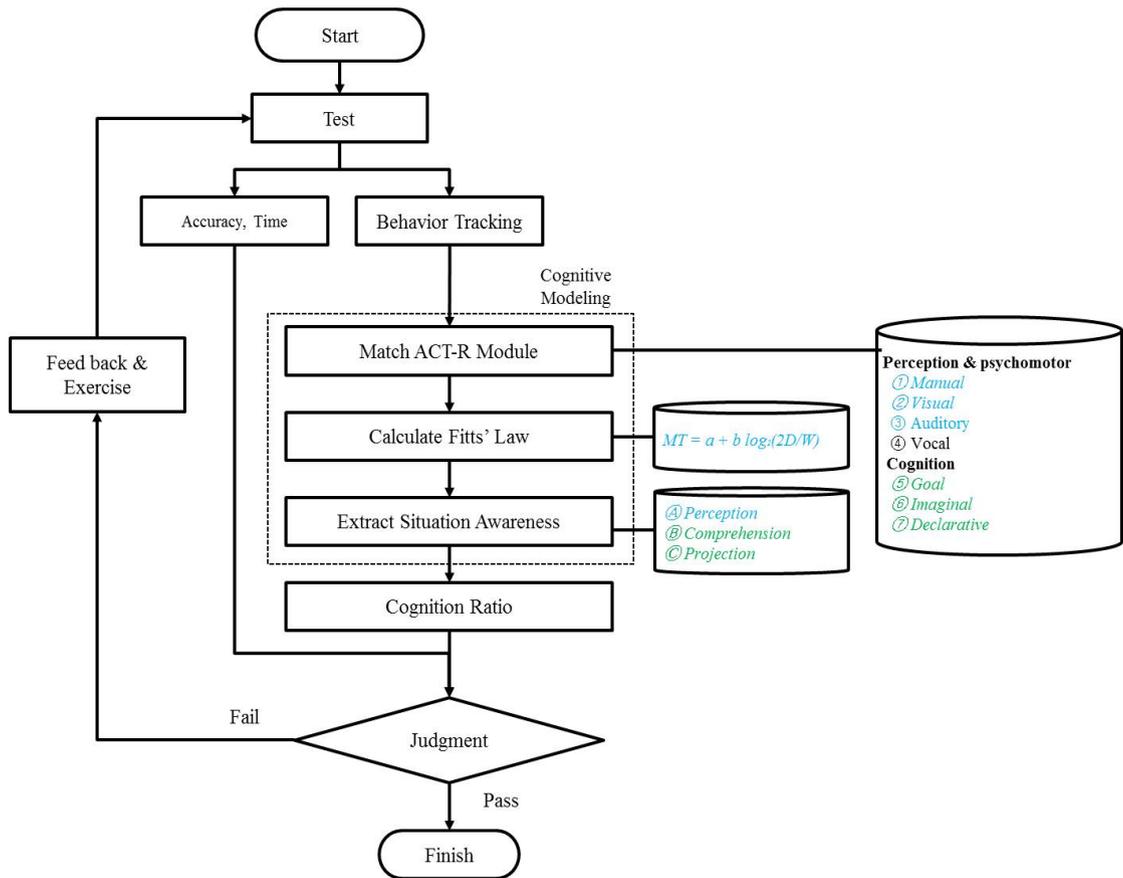


Fig. 8. The Concept of Situation Awareness Assessment Model Using Cognitive Architecture

훈련을 시작하면, ‘Test’는 특정 임무 또는 시나리오, 상황해결이 될 수 있으며, 정확도와 시간을 측정한다. ‘Test’가 진행되는 과정은 훈련자 평가 모델의 ‘Behavior Tracking’에 의해 ‘Log’로 기록된다. 또한, ‘Test’ 결과는 정확도(Accuracy)와 시간(Time)으로 기록된다.

‘Cognitive Modeling’은 해당 훈련이 진행되면서 저장된 ‘Log’ 기록을 통해 이루어진다. 먼저, ACT-R의 각 모듈에 인지 행동 과정을 매칭한다. 다음, Fitts’ law를 통해 훈련자가 물리적으로 조작하는 부분을 계산한다. 다음 SA 이론의 각 개념을 분리한다.

최종적으로 Cognition Ratio를 산출한다.

Cognition Ratio와 문제 해결 정확도, 시간은 상황이 나 문제 난이도에 따라 평가자에 의해 기준이 정해지고, 최종적으로 이 기준에 따라 훈련을 계속 진행할 것인지, 종료할 것인지 결정한다.

본 상황인식 평가 프로세스는 무기체계 운용 훈련 시, 무기체계에 대한 학습 및 상황인식 능력이 향상되었는지 정량적으로 판단하는 데 유용하다. 특히, 과거 문제풀이 시간에 매달렸던 것에서 벗어나 어느 인지 과정에서 얼마나 시간이 소요되는지, 어떤 부분에 대한 이해가 부족한 지 판단할 수 있다. 또한, 훈련을 통해, 무기체계 통제 시스템의 어떠한 부분이 사용자에게 인지적 부하를 일으키는 지 확인할 수 있고, 이는 곧 무기체계 통제 시스템 설계에 대한 사용성 평가까지도 가능할 수 있을 것이다.

결론적으로 상황인식 평가 프로세스를 적용하여 무기체계 훈련 시 훈련자의 상황인식 수준을 정량적으로 평가하는 데 도움이 될 것으로 기대한다.

6. 토의

첫째, 본 연구에서 훈련자의 인지 능력 향상 수준을 평가하기 위해 인지아키텍처와 인지 이론들을 활용하였다. 인간의 인지 심리학(개인차, 감정, 기억, 언어 등), 교육, HCI, 사용성평가 등 여러 분야에 적용되었던 인지아키텍처와 인지 이론의 적용분야를 확장하였다. 또한, 상황인식 평가 모델은 인지 능력을 직접적으로 측정할 수 있게 설계되었다. 따라서, 멀티 디스플레이, 다중 작업 등 미래 무기체계에 훈련자의 상황인식 수준을 평가하는 데 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

둘째, SAGAT은 대표적인 상황인식 평가 기법이다. 본 연구에서도 기본적인 형식은 SAGAT을 따랐다. 이에

더하여, SA 이론의 각 개념과 부합하는 인지 과정을 세분화하여 인지 능력을 측정하였다. 이는 물리적 행동과 인지적 사고를 구분하였다는 장점이 있다. 특히 미래 무기체계는 현 상황을 인식하는 것 뿐 아니라, 직접 조작(물리적)해야 하는 부분도 있기 때문에 이를 구분하는 것이 필요하다. 다만, 본 연구에서는 훈련자의 행태를 기록하는 ‘Log’ 방식이 GUI(Graphical User Interface)로 한정되어 있어, 디스플레이 이외에 콘솔, 스위치 조작 등 인간의 외부 환경에 대한 상황인식 평가 연구가 필요하다.

셋째, 본 연구는 1인 훈련자를 가정하였다. 그러나, 미래 무기체계는 최소 2인 이상 운용자가 협업을 하므로, 팀 SA 평가 모델에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해, ACT-R 인지아키텍처의 팀 인지 과정과 Endsley의 팀 SA 평가를 유의미하게 연결할 수 있는 연구가 함께 발전해야 한다.

넷째, 본 연구는 상황인식 평가 모델 및 프로세스 개발에 대한 방법론을 다루었다. 상황인식 모델 및 프로세스를 실제 무기체계 훈련시스템에 적용하여 검증해야 하는 연구가 남아있다. 따라서, 실제 무기체계 훈련시스템을 모사하는 모델을 개발하여 본 상황인식 평가 프로세스를 검증하고자 한다. 이와 더불어, 무기체계 통제 시스템의 훈련 뿐 아니라, 무기체계 조종환경 등 인지 능력이 필요한 부분에 실제 적용하는 연구로 확장하고자 한다.

7. 결론

지금까지 무기체계 훈련자 수준 평가는 단순한 문제 풀이나 물리적 운용 가능성 등에 초점이 맞추어져 있었다. 그러나, 본 연구의 결과로, 훈련자의 행태 분석과 인지 행동 과정 모델링을 통해 훈련자의 인지 능력 수준을 정량적으로 측정할 수 있으며, 최종적으로 상황인식 수준을 평가할 수 있다. 이는 미래 무기체계 훈련 시 평가 척도로서 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

또한, 인지 능력 평가 방법을 개발하기 위해 ACT-R 인지 아키텍처 및 SA 인지 이론, Fitts’ law를 활용함으로써 연구분야를 확장하였다.

향후 상황인식 평가 모델을 활용하여 무기체계훈련 뿐 아니라, 소방훈련, 원자력 발전소 비상 훈련, 비행 조종 훈련 등 인지 능력 측정이 필요한 다양한 상황에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] Security Management Institute, Analysis of Reliability and Research for the Expansion Plan on Localizing Software, 2011.
- [2] Ferguson, J., Crouching Dragon, Hidden Software: Software in DoD Weapon Systems., *IEEE Software*, vol. 18, no. 4, pp. 105-107, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1109/MS.2001.936227>
- [3] Bennett, K. B., Posey, S. M., and Shattuck, L. G., Ecological Interface Design for Military Command and Control, *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, vol. 2, no. 4, pp. 349-385, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1518/155534308X377829>
- [4] Kim, J. Y., Lee, J. S., Yong, H. W., Kim, J. Y., and Park, K. D., A Study for Maintenance Training System Design Using Gesture-Recognizing Technology, *Joint Spring Conference of MS/IE*, pp. 1329-1336, 2011.
- [5] Patriot Modern Man Station. Patriot System Control Display Information [Internet]. Massachusetts (MA) : Raytheon Company, Available From : <http://www.raytheon.com/capabilities/products/patriot/pms> (accessed May., 18, 2017)
- [10] Endsley, M. R. SAGAT: A Methodology for the Measurement of Situation Awareness, NOR DOC 87-83. Hawthorne, CA : Northrop Corporation, 1987.
- [12] Kaber, D. B., Perry, C. M., Sehall, N., McClernon, C. K., & Prinzel, L. J. Situation Awareness Implications of Adaptive Automation for Information Processing in an Air Traffic Control-related Task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 36, no. 5, pp. 447-462, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2006.01.008>
- [13] Kim, J. H. and Myung, R. H., A Predictive Model of Situation Awareness with ACT-R, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, vol. 35, no. 4, pp. 225-235, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.5143/JESK.2016.35.4.225>
- [14] Anderson, J. R., *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
- [15] Ma, R. and Kaber, D. B., Situation awareness and workload in driving while using adaptive cruise control and a cell phone. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 35, no. 10, pp. 939-953, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.04.002>
- [16] Loft, S., Bowden, V., Braithwaite, J., Morrell, D. B., Huf, S., and Durso, F. T., Situation awareness measures for simulated submarine track management. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, vol. 57, no. 2, pp. 298-310, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0018720814545515>
- [17] Riley, J. M., Endsley, M. R., Bolstad, C. A., and Cuevas, H. M., Collaborative Planning and Situation Awareness in Army Command and Control, *Ergonomics*, vol. 49, no. 12-13, pp. 1139-1153, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1080/00140130600612614>
- [18] Endsley, M. R., Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems, *Human Factors*, vol. 37, no. 1, pp. 65-84, 1995.
DOI: <https://doi.org/10.1518/001872095779049499>
- [19] Fitts, P. M., The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement, *Journal of Experimental Psychology*, vol. 47, pp. 381-391, 1954.
DOI: <https://doi.org/10.1037/h0055392>
- [22] Mackenzie, I. S., A Note on the Information-Theoretic Basis for Fitts' Law, *Journal of Motor Behavior*, vol. 21, pp. 323-330, 1989.
DOI: <https://doi.org/10.1080/00222895.1989.10735486>
- [24] Hong, S. K. and Kim, S. I., A Time Prediction Model of Cursor Movement with Path Constraint, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, vol. 31, no. 4, pp. 334-340, 2005.
- [25] Hong, S. K., Korean Text Entry Interface Evaluation by Fitts' Law, *In Proceedings of Korean Institute of Information Technology Summer Conference*, pp. 26-30, 2004.
- [26] Cha, Y. J. and Myung, R. H., Extended Fitts' Law for Three-Dimensional Environment, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(6), pp. 861-868, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.5143/JESK.2010.29.6.861>
- [27] Johnsgard, T., Fitts' Law with a Virtual Reality Glove and a Mouse : Effects of Gain, *Proceedings of Graphics Interface-GI, Canadian Information Processing Society, Toronto*, pp. 8-15, 1994.
- [28] Park, J. E. and Myung, R. H., Fitts' law for angular foot movement in the foot tapping task, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, vol. 31, no. 5, pp. 647-655, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5143/JESK.2012.31.5.647>

박재은(Jae-Eun Park)

[정회원]



- 2008년 8월 : 연세대학교 경영정보학과 (경영학사)
- 2013년 2월 : 고려대학교 정보경영공학전문대학원 정보경영공학과 (공학석사)
- 2013년 1월 ~ 현재 : LIG 넥스원 ILS 연구소 선임연구원

<관심분야>

종합군수지원, 신뢰성공학, 인간공학

신 창 훈(Chang-Hoon Shin)

[정회원]



- 2013년 2월 : 홍익대학교 산업공학과 (공학학사)
- 2013년 1월 ~ 현재 : LIG 넥스원 ILS 연구소 선임연구원

<관심분야>

종합군수지원, 신뢰성공학

이 혜 원(Hye-Won Lee)

[정회원]



- 2012년 2월 : 한국기술교육대학교 디자인공학과 (공학학사)
- 2014년 2월 : 포항공과대학교 산업경영공학과 (공학석사)
- 2014년 2월 ~ 현재 : LIG 넥스원 ILS 연구소 선임연구원

<관심분야>

종합군수지원, 인간공학

윤 정 아(Jeong-Ah Yoon)

[정회원]



- 2014년 2월 : 울산과학기술원 인간 및 시스템공학과 (공학학사)
- 2016년 2월 : 울산과학기술원 인간 및 시스템공학과 (공학석사)
- 2016년 1월 ~ 현재 : LIG 넥스원 ILS 연구소 연구원

<관심분야>

종합군수지원, 인간공학