

항공기 관제디스플레이의 생태학적 인터페이스 디자인 적용을 위한 Work Domain Model 개발

고승문¹, 명노해², 홍승권³
고려대학교 산업시스템정보공학과 UI Lab.
{smgo1¹, rmyung²}@korea.ac.kr

A Development of Work Domain Model to apply Ecological Interface Design to Air Traffic Controller Display

Seung Moon Ko¹, Ro Hae Myung², Seung Kwon Hong³
Dept. of Industrial Systems and Information Engineering, Korea Univ.

요약

본 연구는 항공기 관제사의 관제디스플레이에 대한 생태학적 인터페이스 디자인을 적용하기 위한 초기작업으로써 항공기 관제영역에 대한 Work Domain Analysis를 실시하여 Work Domain Model을 개발하고 모델에 대한 테스트를 통해 모델의 타당성을 검증하였다. 또한, 완성된 모델을 바탕으로 디자인을 위한 Information Requirement를 추출함으로써 지금까지 적용해보지 않은 항공기 관제영역에 대한 생태학적 인터페이스 디자인 툴(Tool)의 새로운 적용가능성을 확인하여 추후, 구체적인 관제 디스플레이의 생태학적 개발에 기본 틀을 제공하고자 한다.

Keyword : Ecological Interface Design(EID), Work Domain Analysis(WDA),

1. 서론

인간 즉, 작업자는 시스템과 수많은 정보를 주고 받으며 작업을 수행하고 있으며 정보의 입력이나 획득은 대부분 시각 정보 디스플레이(visual information display)를 통하여 시스템으로부터 인간에게 전달되고 있다. 이렇듯 시각 정보 디스플레이를 사용한 작업은 전체 작업 수행에 매우 중요한 부분을 차지하고 있으며 시스템에 대한 Human-Machine Interface의 필수적인 부분으로 자리잡고 있다. 과거 전통적인 시각 정보 디스플레이는 작업영역의 하부 시스템이나 하부 구성요소의 상태에 대한 물리적인 정보를 제공하는 것에 초점을 맞추고 있어 작업자가 정보를 탐색하고 통합, 추론하는 동안 많은 인지적인 부하를 과중 시키고

있다[1]. 쓰리마일 아일랜드 사고에서 볼 수 있듯이 부적절한 디스플레이의 디자인은 시스템의 안전에 치명적인 사고의 원인이 될 수 있으며 반면에 효과적으로 디자인된 디스플레이는 작업자의 예러나 작업부하를 감소시켜주고 역동적인 시스템의 복잡성을 극복하는데 많은 도움을 제공하고 있다[2]. 따라서 발전된 정보기술을 사용하는 더욱 효과적인 시각 정보 디스플레이(visual information display)를 디자인하는 것에 많은 연구가 진행되어 오고 있다. 그러나 효과적인 디스플레이를 디자인하는 것은 간단한 문제가 아니다. 인터페이스를 통해 제공해야 할 정보가 무엇이고 그런 정보를 어떻게 시각화 할 것인가가 디스플레이를 디자인하는 디자이너가 해결해야 할 핵심 문제로 대두되고 있다[3]. 지금까지의 몇몇 연구자

들은 정보내용의 디자인과 구조가 정보 디스플레이의 효과를 결정하는데 중요한 요소라고 주장해 오고 있다[4]. 발전된 디자인의 사례들을 살펴보면 작업자들이 knowledge-based problem 을 해결하도록 도와주는 정보에 디자인 초점을 맞추고 있다. 이런 디자인 접근방법에 있어 중요한 특성중의 하나는 디자인하는 디스플레이에 작업영역이 가지고 있는 본질적인 기능적 구조를 묘사하는 것이다[5]. 이것은 효과적인 디스플레이 디자인을 하기 위해선 작업영역에 대한 본질적인 기능적 구조와 관련된 정보들을 식별하고 나타내도록 노력해야 한다는 것을 시사하고 있다.

이런 측면에서 생태학적 인터페이스 디자인 (Ecological Interface Design) 방법론은 효과적인 디스플레이를 디자인하기 위한 유용한 tool 을 제공하고 있다. 생태학적 인터페이스 디자인이라는 말은 Vicente 와 Rasmussen 의 논문에서 유래되었으며, 작업영역(work domain)에 대한 제한요소 (constraints) 즉, 작업영역에 해당하는 시스템이 작동하기 위해 본질적으로 가지고 있는 제한사항들과 이와 관련된 정보들을 식별하고 매우 다양하고 복잡한 서로 다른 정보 수준들간의 관련성들을 쉽게 시각화함으로써 작업자가 문제해결을 위해 쉽고 신속하게 상이한 정보 수준 중 하나를 선택하거나, 혹은 그 정보 수준들 사이를 옮겨 다닐 수 있도록 함으로써 보다 효과적인 문제 해결을 위한 행동을 취할 수 있고 이런 행동들이 본래의 작업 목적을 위해 어떻게 움직여야 하는지 이해할 수 있게 도와준다[7]. 또한, 생태학적 인터페이스 디자인은 작업자가 접하게 될 작업환경의 변화와 새로움에 효과적으로 적응하기 위한 지식 (knowledge)을 제공하고 있으며, 문제를 해결해야 하는 상황에서 기존에 사용되고 있는 디자인 접근 방식과 비교할 때 작업자의 업무 수행도를 향상시켜 주고 있다[8].

생태학적 인터페이스 디자인은 Process Control 이나 Aviation, Computer Network Management, Software Engineering, Medicine, Command and Information Retrieval 과 같은 크고 다양한 산업 규모의 적용영역에서 효과적인 문제해결을 위해

사용되고 있으며 또한, 새로운 영역에서의 적용을 위해 연구되어 오고 있다[7].

항공기 관제 영역은 지금까지 생태학적 인터페이스 디자인이 적용되고 있는 다양한 영역들이 가지고 있는 Work Domain 의 특성과 많은 유사성을 가지고 있다. 우선, 항공기 관제영역은 시스템이 추구하고 있는 목적이 명확히 정의되어 있고 관제 영역에서 행해지는 많은 의사결정들은 항공기 자체와 사회에 치명적이고 상당한 위협성을 가지고 있다. 또한 관제사들이 각 항공기들을 효과적인 범위 내에서 통제해야만 하는 상황의 물리적 제한요소들을 가지고 있다. 예를 들면 항공기들은 도달할 수 있는 특정한 속도와 고도를 가지고 있고 그 외 항공기 성능의 물리적 제한요소들을 가지고 있다.

또한, 정상 시 시스템의 통제는 정해진 절차에 의해서 이루어지고 있으나 예상치 못한 문제의 발생시에는 이를 효과적으로 해결하기 위해 Flexible Knowledge-Based Reasoning 을 요구하게 될 필연성을 가지고 있다.

따라서, 위에서 언급한 기존 적용영역과의 공통점을 바탕으로 본 연구에서는 생태학적 인터페이스 디자인의 적용영역을 지금까지 적용해보지 않은 새로운 영역인 항공기 관제 디스플레이(Air Traffic Control Display)로 확대하고 항공기 관제영역에 대한 Work Domain Analysis 를 실시하여 Work Domain Model 을 개발하고, 디자인을 위한 Information Requirement 를 추출함으로써 항공기 관제영역에 대한 생태학적 인터페이스 디자인 툴 (Tool)의 새로운 적용가능성을 확인하고 추후, 구체적인 관제 디스플레이의 생태학적 인터페이스 개발에 기본 틀을 제공하고자 한다.

2. 본 론

2.1 연구 절차

본 연구는 크게 항공기 관제 영역에 대한 Work Domain Model 을 만들기 위한 Work Domain Analysis 와 모델에 대한 타당성을 평가하고 보완

하기 위한 모델 테스트 단계 그리고 Information Requirement 를 추출하는 단계로 나누어 진행되었으며 전체적인 연구절차는 그림 3 같다.

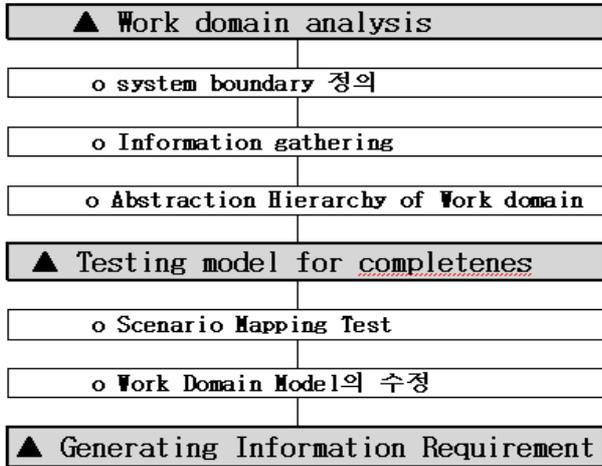


그림. 1 연구절차

2.2 Work Domain Analysis

2.2.1 System Boundary 설정

생태학적 인터페이스 디자인은 인간을 중심으로 하는 다른 디자인 접근방식과는 다르게 사용자의 작업환경을 면밀히 분석함으로써 디스플레이를 개발하는 접근방식이다. 생태학적 인터페이스 디자인 접근방식에서 분석하려고 하는 시스템의 경계를 결정하는 것은 개발하려고 하는 디스플레이의 종류와 문제의 종류, 사용자들이 디스플레이를 가지고 수행할 수 있는 작업들에 영향을 주게 될 것이다[8]. 따라서 시스템의 경계를 결정하는 것은 분석을 실행하기 위한 첫 번째 중요한 요소인 것이다.

본 연구는 현재 공군에서 운영 중인 항공기 관제시스템의 디스플레이를 비행안전 측면을 강화시키기 위해 생태학적 인터페이스 디자인 방법을 적용시키는 것이다. 공군의 관제 시스템의 운영 목적은 영공을 방위하기 위한 공중감시(surveillance) 임무와 영공을 침범해오는 적기를 격파하는 임무, 그리고, 평상시 군용 항공기의 원활한 교통흐름을 유지시키기 위한 정보제공까지 다양한 임무를 수

행하는 것이다.

본 연구에서는 군사적인 목적을 배제하고 공중에서 군용기의 원활한 교통흐름을 유지시키기 위한 비행안전을 보장시키는 측면에 초점을 맞춰 진행하였다. 따라서, 적기에 대한 공격 목적이나 전투기의 무장 시스템 운영에 대한 목적 등은 모델에서 제외시켰으며 항공기간 공중충돌, 추락, 금지구역 침범 등 군용기의 비행안전 영역을 중심으로 Work Domain Analysis 를 실행하기 위한 System Boundary 를 설정하였다.

2.2.2 Information Gathering

본 연구에서는 효과적인 Work Domain Analysis 를 위해 현재 공군에서 사용하고 있는 관제사 훈련교범, 관제 시스템의 사용절차에 대한 교범, VFR/IFR 비행절차, 관제 디스플레이 디자인 및 성능에 관련된 교범 등을 재 조사하였으며, 현재 항공기 관제시스템에서 임무를 수행하고 있는 각 분야별 전문가들의 의견을 반영하였다.

2.2.3 Abstraction Hierarchy of Work Domain

Abstraction Hierarchy 를 기초로 한 Work Domain Model 은 Functional Purpose, Abstract Function, Generalized Function, Physical Function, 그리고 Physical Form 으로 구성된 다섯 가지의 Work Domain 제한요소들로 구성되어 있다.

우선, Work Domain Analysis 를 실행하는데 있어 Function Purpose 의 결정은 몇 가지 key questions 이 고려되어야 한다. 첫 번째는 항공기 관제 시스템이 무엇을 위해 디자인되었는가? 하는 질문사항이고, 두 번째는 항공기 관제 시스템이 올바르게 작동하고 있는지를 어떻게 판단 할 수 있는가 이며, 세 번째는 관제 시스템의 좋은 수행도와 나쁜 수행도는 무엇 인가이다. 마지막으로 관제 시스템에서 수행하는 모든 업무들이 공통되게 추구하고 있는 목적이 무엇인가 하는 질문이다. 이런 모든 기준들을 고려하여 본 연구에서는 Functional Purpose

를 표. 1 과 같이 “Control that a flight move from A to B safely” 로 결정하였다. 항공기 관제 시스템의

Level	Properties
Functional Purpose	Control that a flight move from A to B safely
Abstract Function	Flow of Air Traffic Conservation of Safety
Generalized Function	Process of Altitude Separation Process of Distance Separation
Physical Function	Mission Type, Altitude, Heading, Speed, Position, Area Condition, Weather, Destination
Physical Form	Spatial Layout Appearance

표. 1 AH Representation of The Work Domain

Functional Purpose 는 항공기들이 지정된 시간에 안전하게 어느 한 지점에서 다른 지점으로 이동하도록 통제하는 것이며 이러한 주요 목적들은 관제 시스템에서 관제사들이 수행하는 모든 업무들과의 관련성을 고려하여 결정되었다. 관제사들의 주 업무는 우선, 관제하고 있는 항공기에게 주변 항공기와 주변 혼련공역에 대한 정보를 제공하여 조종사로 하여금 항공기 주변의 위험요소에 대해 미리 인지 할 수 있도록 도와주며, 항공기 진행 경로상의 기상이나 최종목적지의 기지상태 등에 대한 정보를 제공하여 항공기의 안전한 비행경로에 대해 의사결정 할 수 있도록 조언을 해주며 또한, 필요할 경우 조종사에게 고도 나 속도, 방향 등을 지시하여 항공기간의 충돌을 회피하도록 하는 업무를 수행하고 있다. 이러한 모든 업무들은 결국에는 항공기 이동에 대한 안전을 보장해 주기 위한 업무들인 것이다.

Abstract Function 은 Functional Purpose 를 수행하기 위해 필요한 시스템 내에서 에너지의 Mass 나 flow, balance 와 관련된 원리나 법칙이 무엇인가 고려하여야 한다. 항공기 관제상황에서 Abstract

Function 은 관제 영역 안에 있는 항공기들의 원활한 교통흐름 유지와 영역내의 모든 항공기들의 안전성을 유지하는 내용으로 정의 할 수 있을 것이다. 이러한 고려사항을 바탕으로 본 연구에서는 Abstract Function 을 “Flow of Air Traffic”, “Conservation of Safety” 로 결정하였다.

Generalized Function 은 Abstract Function 에서 나타내고 있는 Flow 나 Balance, Level 들이 어떻게 유지되는지 설명하고 있으며 일반적으로 시스템 내에서 사용되는 절차에 해당되는 내용이다. 항공기 관제 상황에서 Generalized Function 은 관제 영역 내에서 항공기들의 전반적인 교통흐름이 어떠한 절차로 이루어 지고 있는지 또한, 일정한 안전성을 유지하기 위해 어떠한 절차들이 수행되어야 하는지 나타내게 될 것이다. 본 연구에서는 이러한 고려사항을 통해 Generalized Function 을 “Process of Altitude Separation”, “Process of Distance Separation” 으로 결정하였다.

Physical Function 은 Generalized Function 에서 나타내고 있는 절차에 대해서 어떠한 장비나 구성요소들이 사용되고 있으며 그것들의 성능이나 한계는 무엇인지 나타내고 있다. 항공기 관제상황에서 Physical Function 은 고도나 거리분리를 위해 구체적으로 사용되고 있는 항공기들의 세부적인 구성요소들이 어떤 것들이 있는지 나타내고 있다. 본 연구에서는 이러한 고려사항을 통해 Physical Function 을 Mission Type, Altitude, Heading, Speed, Position, Area Condition, Weather, Destination 으로 결정하였다.

Physical Form 은 Physical Function 에서 나타내고 있는 각 구성요소들의 실질적인 상태나 위치 등을 나타내고 있으며 본 연구에서는 각 항공기들의 조종상태에 대한 실질적인 정보들을 나타내었다.

지금까지의 Work Domain Analysis 를 통해 그림. 2 와 같은 Work Domain Model 을 완성하였다. 모델의 상위수준의 제한요소들은 관제영역 안에 있는 항공기들의 전반적인 교통흐름과 항공기들의 위험수준에 대한 요소를 나타내고 있으며, 중간수준의 제한요소들은 항공기들이 일정한 안전수준을 유지하기 위해 공중에서 지켜야 하는 항공기간의 고도

와 거리 분리절차를 나타내고 있다. 그리고, 하위 수준의 제한요소들은 각 항공기들의 현재 조종상태와 항공기와 인접하고 있는 주변환경에 대한 요소들을 나타내고 있다

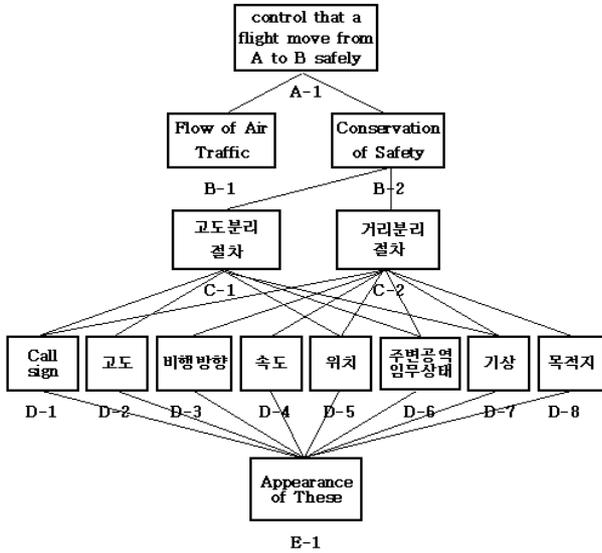


그림. 2 Work Domain Model

2.3 Work Domain Model 에 대한 평가

지금까지 Work Domain Analysis 를 통해 완성된 Model 에 대해 테스트를 실시하여 모델에 대한 완성도를 확인하고 기존 모델에 포함되지 않은 제한요소를 포함시켜다.

본 연구에서는 테스트를 위해 Burns(2001)에 의해 처음 고안된 Scenario Mapping 테스트 방법을 사용 하였으며 테스트를 위한 시나리오는 공군 관제사의 교육을 위해 기존에 만들어져 현재 계속적으로 사용되고 있는 항공기 공중충돌 시나리오를 사용하였다. 표. 2 에서 나타내고 있는 것과 같이 전투기와 민항기와의 충돌, 전투기와 전투기와의 충돌, 악기상으로 인한 추락 등 다양한 공중 충돌 위험 상황을 포함하고 있으며, 총 8 가지의 Events 로 구성되어 있다.

또한, 테스트를 위해 15 년 이상의 관제 경력을 가진 4 명의 Domain Expert 를 선정하여 테스트에 대한 목적을 설명한 후 동의서를 작성토록 하였다.

Events	상 황 전 계	발생지역
1	훈련공역에서 임무 후 모기지로 귀환하던 전투기가 이/착륙을 위해 상승 또는 강하하던 민항기와 공중충돌	광주공항 인근
2	기지에서 이륙하여 해당 훈련공역으로 비행하던 전투기가 동일기지로 착륙하기 위해 강하하던 민항기와 공중충돌	대구공항 인근
3	훈련공역에서 전투기동 훈련 중인 전투기가 항로를 침범하여 동일 항로를 비행하던 민항기와 공중충돌	원주공항 인근
4	항로를 비행하던 민항기가 항로상 악 기상을 회피하기 위해 훈련공역을 침범하여 동일 공역에서 전투기동 훈련 중인 전투기와 공중충돌	청주공항 인근
5	훈련공역에서 전투기동 훈련 중인 전투기가 동일 공역 내 항로를 비행하던 민항기와 공중충돌	울산공항 인근
6	훈련공역에서 전투기동 훈련 중인 전투기가 동일 공역 내 저고도로 비행하던 전투기와 공중충돌	청주공항 인근
7	임무 후 모기지로 귀환하던 전투기가 경로 상 대규모로 형성된 뇌우 속으로 진입하여 비행착각으로 인공 산맥에 추락	지리산 인근
8	저고도로 탐색임무 중인 전투기가 이/착륙을 위해 고도를 상승 또는 강하하던 민항기와 공중충돌	예천공항 인근

표. 2 공중충돌 시나리오 주요내용

테스트는 선정된 공중충돌 시나리오의 각 Events 를 공군에서 운영중인 관제훈련용 컴퓨터 시뮬레이션 장비를 통해 시현하였으며, 시나리오의 각 Event 가 시현되는 동안 Domain Expert 는 관제사에게 요구되는 정보를 식별하였으며 식별된 정보를 그림. 2 와 같이 Work Domain Model 의 각 요소 별로 부여된 Code Number 를 참고하여 Work Domain Model 의 요소로 전환하게 하였다

시나리오의 각 Event 가 전개 되면서 식별된 정보는 표. 3 과 같으며, 식별된 정보를 표. 4 와 같이 Work Domain Model 의 각 요소 별 Code Number 로 전환하였다.

Events	요구되는 정보
1	관제영역 내 항공기들의 호름, 항공기간 상대거리, 비행방향, 위치, 항공기간 고도차, 민항기 착륙기지
2	관제영역 내 항공기들의 호름, 항공기간 상대거리, 비행방향, 위치, 항공기간 고도차, 민항기 착륙기지
3	관제영역 내 항공기들의 호름, 항공기간 상대거리, 비행방향, 위치, 항공기간 고도차
4	관제영역 내 항공기들의 호름, 항공기간 상대거리, 비행방향, 위치, 항공기간 고도차, 기상정보
5	관제영역 내 항공기들의 호름, 항공기간 상대거리, 비행방향, 위치, 항공기간 고도차, 민항기 착륙기지
6	관제영역 내 항공기들의 호름, 항공기간 상대거리, 비행방향, 위치, 항공기간 고도차, 민항기 착륙기지, 훈련공역 임무상태, 공역임무 항공기 주파수, 관제사번호
7	관제영역 내 항공기들의 호름, 항공기간 상대거리, 비행방향, 위치, 항공기간 고도차, 기상정보
8	관제영역 내 항공기들의 호름, 항공기간 상대거리, 비행방향, 위치, 항공기간 고도차, 민항기 착륙기지, 민항기 이륙 예정시간

표. 3 테스트를 통해 식별된 정보

Events	Code Number 전개
1	A-1→B-1→B-2→C-2→D-1→D-3→D-5→C-1→D-2→D-8
2	A-1→B-1→B-2→C-2→D-1→D-3→D-5→C-1→D-2→D-8
3	A-1→B-1→B-2→C-2→D-1→D-3→D-5→C-1→D-2
4	A-1→B-1→B-2→C-2→D-1→D-3→D-5→C-1→D-2→D-7
5	A-1→B-1→B-2→C-2→D-1→D-3→D-5→C-1→D-2→D-8
6	A-1→B-1→B-2→C-2→D-1→D-3→D-5→C-1→D-2→D-6
7	A-1→B-1→B-2→C-2→D-3→D-5→D-7→공역 임무 항공기 주파수 및 관제사 번호
8	A-1→B-1→B-2→C-2→D-1→D-3→D-5→민항기 이/착륙 예정시간

표. 4 Work Domain Model 의 Code Number 로

테스트 결과, 표. 4 에서와 같이 시나리오의 각 Event 를 전개하면서 요구되는 대부분의 정보들은 개발된 Work Domain Model 의 구조와 제한요소 범위 내에서 전개되고 또한, 설명이 가능한 것으로 분석되었다. 단, 표. 4 의 Event 7 과 8 에서 한글로 표시된 내용과 같이 일부 정보에 대해서만 추가 제한요소가 요구되었다. 따라서 우리는 이러한 추가 정보내용을 바탕으로 그림.3 과 같이 기존 모델에 Physical Function 수준의 “주파수”, “시간”, “관제사” 등 3 개의 요소를 추가 하였고 그에 따른 상위수준 및 하위수준과의 연결선도 추가 하여 좀더 실질적인 Work Domain 에 부합 될 수 있는 모델을 완성하였다.

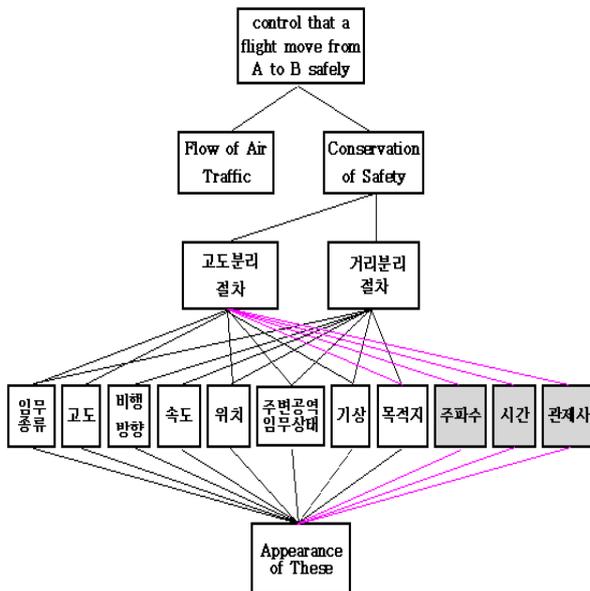


그림.3 테스트를 통해 수정된 모델

2. 4 Information Requirement 추출

테스트를 통해 완성된 Work Domain Model 로 부터 관제 디스플레이를 디자인 하기 위해 필요한 Information Requirement 를 추출하였다.

Work Domain Level	Information Requirement
Functional Purpose	관제중인 항공기 대수(1)
Abstract Function	관제영역 내 모든 항공기들의 위치 및 비행방향, 각 항공기들의 위험도 수준 (2)
Generalized Function	항공기간 고도간격, 고도 상승률, 고도 하강률, 항공기간 거리간격, 거리 증가율, 거리 감소율, 충돌회피를 위한 비행가능 경로(방향/고도), 항공기와 주변공역과의 거리, 항공기와 공역 제한고도와 의 고도차 (10)
Physical Function	임무종류, 속도, 고도, 비행방향, 항공기위치, 주변공역 임무상태, 기상(구름, 바람, 시정, 온도, 압력 등), 비행 목적지, 이륙 및 착륙 기지, 관제중인 주파수, 민항기 이륙 및 착륙 예정시간, 항공기별 담당관제사 번호(12)

표. 5 Information Requirements

Information Requirement 는 테스트에 참가한 4 명의 Domain Expert 에게 완성된 Work Domain Model 의 각 수준별 제한요소를 어떤 정보형태로 측정 할 수 있는지 설문조사를 실시하여 답변으로 제시 된 모든 정보형태를 종합하였다. 표. 5 와 같이 종합된 Information Requirement 는 Functional Purpose Level 에서 1 개, Abstract Function Level 에서 2 개, Generalized Function Level 에서 10 개, Physical Function Level 에서 12 개로 총 25 개를 추출하였다. 추출된 Information Requirements 의 내용은 상위 수준의 제한요소는 주로 관제 영역 안에 있는 항공기들의 전반적인 교통흐름에 대한 정보 및 각 항공기들의 위험 수준에 대한 정보들과 대응되고 있으며, 중간수준의 제한요소는 항공기들간의 고도나 거리간격, 그리고 증가율이나 감소율 같은 근접해 있는 항공기들간의 관계에 대한 정보와 대응되고 있다. 하위수준의 제한요소는 현재 각 항공기들의 조종상태에 대한 정보내용에 대응되고 있다.

3. 결론

본 연구에서는 항공기 관제영역에 대한 Work Domain Analysis 를 실시하여 Work Domain Model 을 개발하였고, 모델에 대한 테스트를 통해 모델의 타당성을 확인하고 좀더 보완하여 실제 작업환경에 보다 잘 맞는 Work Domain Model 을 완성하였다. 또한, Work Domain Model 의 각 수준별 제한요소로부터 Information Requirement 를 추출하여 추후 구체적인 디스플레이를 디자인 하는데 필요한 정보내용들을 식별하였다. 이상과 같이 우리는 항공기 관제영역에 대한 모델을 개발하고 테스트를 통해 모델의 타당성을 검증함과 동시에 디자인에 필요한 정보내용들을 식별함으로써 이 영역에 대한 생태학적 인터페이스 디자인 툴(Tool)의 새로운 적용가능성을 확인하였다.

향후 연구에서는 본 연구를 통해 추출된 Information Requirements 에 대해 구체적인 디자인을 실시하여 새로운 생태학적 관제 디스플레이를 개발하고 기존에 사용되고 있는 관제 디스플레이와의 수행능력을 비교, 평가할 예정이다.

4. 참고 문헌

- [1] Goodstein LP. Discriminative display support for process operators. In:Rasmussen J, Rouse WB, editors. Human detection and diagnosis of system failure, New York: Plenum Press, 1981.p.433-49.
- [2] Woods DD. The cognitive engineering of problem representations. In:Weir GR, Alty JL, editors. Human-computer interaction and complex systems, New York: Academic Press, 1991. p. 169-88.
- [3] Bennett KB, Nagy AL, Flach JM. Visual display. In: Salvendy G, editor. Handbook of human factors and ergonomics, New York: Wiley, 1997. p.659-96.
- [4] Vicente KJ, Rasmussen J. The ecology of human-machine systems II: mediating direct perception in complex work domains. Ecological Psychol 1990;2(3)207-49
- [5] Burns CM, Vicente KJ. Physical and functional displays in process supervision and control(CEL 95-11). Technical Report, Cognitive Engineering Group, University of Toronto, Department of Industrial Engineering,1995.
- [6] Rasmussen, J. and Vicente, K.J. Coping with human errors through system design: Implications for ecological interface design, International Journal of Man-Machine Studies 1989.31.p.517-534.
- [7] Catherine M. Burns, John R. Hajdukiewicz. Ecological Interface Design, New York: CRC Press, 2004 .
- [8] Vicente KJ. Ecological Interface Design: Progress and Challenges. Human Factors, Vol.44, No. 1.2002. p.62-78.
- [9] Vicente KJ. Cognitive Work Analysis: Toward Safe, Productive, and Healthy Computer-Based Work, Mahwah, NJ: Erlbaum and Associates. 1999.
- [10] Catherine M.Burns, David J.Bryant, and Bruce A. Chalmers. Boundary, Purpose, and Values in Work-Domain Models: Models of Naval Command and Control. IEEE Transactions of System, Man, and Cybernetics- Part A: Systems and Humans, Vol.35.No.5.2005.
- [11] Dong Han Ham, Wan Chul Yoon, The Effect of Presentation Functionally Abstracted Information in Fault Diagnosis Tasks. Reliability Engineering and System Safety 73.2001.p.103-119.
- [12] Christopher D.Wickens, Justin G .Hollands, Engineering Psychology and Human Performance, Prentice Hall, 2000.