

# 항공기 상태전이정보를 이용한 비행경로 시각화 기법 연구

송진오, 박태진, 김종석, 최윤철  
연세대학교 컴퓨터과학과  
e-mail : yul1218@naver.com

## Flight Path Visualization Using State Transition Information of Track

Jin-Oh Song, Tae-Jin Park, Jong-Seok Kim, Yoon-Chul Choy  
Department of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

공중공간은 평면에 비해 넓고 많은 항공기들이 고속으로 비행하고 있다. 더불어 항공사고는 바로 대형 사고로 이어지므로 공중상황 통제의 중요성은 항상 강조되고 있다. 그러나 항공기는 3차원 공간에서 복잡한 패턴으로 비행하기 때문에 통제하기가 매우 어렵다. 통제를 위한 공중상황 정보는 시각화 시스템을 통해 제공되고 있으나, 이를 운영하는 통제요원의 경험, 인지능력이 공중상황판단의 결정적 역할을 하고 있다. 그래서 정확한 상황판단을 위한 정보제공이 매우 중요하다. 본 논문에서는 공중상황에 대한 정확한 정보제공을 위해 비행경로를 이용한 시각화 기법을 제안한다. 대부분의 항공기는 정지하지 않고 급격한 상태전이 없이 이동하므로 과거 비행자료를 통해 미래의 비행상태를 예측할 수 있다. 즉 과거 상태정보와 현재 상황정보를 통합하여 시각화하면 비행패턴을 예측할 수 있어 정확한 공중상황 판단이 가능하다. 이를 위해 실시간 자료를 분석하여 동적자료를 구분한다. 동적자료만으로 상태전이자료를 생성하고 비행 경로 상에서 색상과 도형 및 기호화를 통해 시각화한다. 비행경로와 색상 및 기호화로 제공된 상태전이 시각화 정보는 항공기의 상승/하강, 가속/감속, 직진/선회, 기타 상태전이정보와 바람의 방향과 같은 공중 공간의 상황정보 등을 제공할 것이다. 이를 통해 운용요원은 공중상황을 정확히 인식하고, 신속하게 판단하여 통제함으로써 공중안전을 도모하고 통제업무를 효과적으로 수행할 수 있을 것이다.

### 1. 서론

항공기의 비행은 대부분 3차원 공간상에서 이루어진다. 공중공간의 항공기는 2차원에서 이동하는 자동차와 달리 비행패턴이 다양하고 복잡하다. 가속과 감속, 상승과 하강, 직진과 선회비행을 하며 가속하면서 하강하거나, 감속하면서 상승하는 것처럼 두 가지 이상의 특징을 갖는 비행패턴을 보이기도 한다. 이것은 3차원 공간상에서만 가능한 복잡한 이동패턴들이다. 이는 항공기를 조종하는 조종사와 공중상황을 통제하는 통제요원에게 복잡한 공중상황인식을 강요한다. 특히 통제요원은 조종사와 달리 직관적인 비행패턴정보를 얻을 수 없고 시각화 시스템에서 제공하는 정보에 의존하므로 상황을 정확히 인식하는 것이 어렵다. 그러나 대부분의 공중상황 시각화 시스템은 비행패턴에 대한 정보를 제공하지 않는다. 통제요원은 개별적인 경험과 상황인식능력으로 공중상황을 판단하고 지시한다. 공중충돌을 방지[1]하고, 공중안전을 지키기 위해 만들어진 시각화 시스템이 충분한 정보를 제공하고 있지 못하기 때문이다.

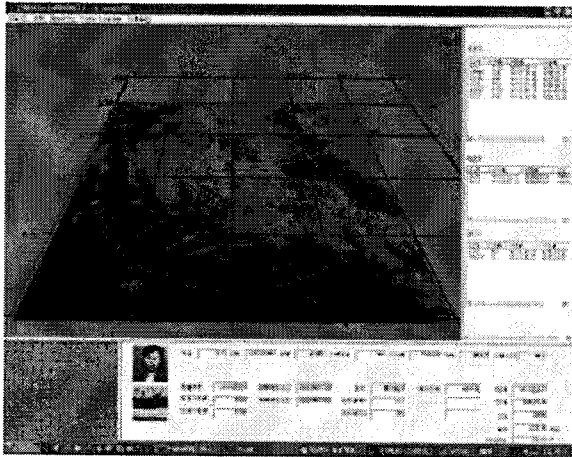
대부분의 공중상황 시각화 시스템[2]은 복잡한 3차원 공중공간을 단순한 2차원 평면으로 표현하고, 항공기와 기타 중요지점을 기호화하여 시각화한다. 항공기 기본정보는 공중상황과 같이 표현하고, 상세정보는 다른 윈도우를 통해 텍스트 기반으로 제공한다. 이렇게 공중상황을 기호화하고 간략화 하는 것은 고속의 항공기를 통제하는 요원이 공중상황을 신속하게 인식하고 지시하기 위함이다. 그러나 이러한 시각화 기법은 공중상황 정보 제공에 있어 한계가 있다. 앞서 말한 다양한 비행패턴정보가 공중상황인식에 중요한 요소가 되고 있지만, 이를 제공하는 시각화 시스템의 연구가 미흡해 비행패턴에 대한 정보는 거의 제공되고 있지 않다.

본 논문에서는 이러한 문제를 비행경로를 이용한 시각화 기법으로 해결하고자 한다. 다른 이동수단과 달리 항공기는 후진이 불가능하고 급격한 상태변화가 없다. 그래서 과거 비행자료를 통해 현재 및 미래의 비행 상태와 위치를 예측할 수 있다. 과거의 상태자료와 현재의 상황정보를 통합하여 비행경로 정보가 제공된다면 미래의 항공기 상태를 보다 정확하게 예측하여 판단할 수

본 연구는 서울시 산학협력사업 지원으로 수행되었음



다. 군에서는 공중감시를 위한 도플러 방식의 레이더를 통해 얻어낸 항적정보를 아날로그 레이더 스크오프에 시현한다. 더불어 이를 디지털로 가공하여 2차원으로 모니터에 표현하는 시스템, 지도/위성사진을 통해 지형자료를 관리하는 시스템, 모든 비행계획에 관련된 자료를 관리하는 작전 데이터베이스를 운영하고 있으며, 조종사에 대한 훈련 및 자격을 관리하기 위한 조종사 인사 데이터베이스를 운영하고 있다. 또한 통신장비를 이용하여 조종사와의 직접적인 대화를 통해 공중의 상황을 인식하고 의사 결정을 하고 있다. 그러나 이러한 다양한 시스템들은 각각 자신의 목적에 맞게 개발되어 있어 이를 사용하는 공중상황 통제의 결정권자는 각각의 자료들을 파악하여 순간순간 발생하는 공중상황을 종합적으로 인식하기 어렵고, 신속하고 정확한 의사결정을 내릴 수 없다. 그래서 [그림 2]의 시스템은 공중상황 결정권자가 짧은 시간에 종합적인 상황을 인식하고 신속하게 결정할 수 있게 다양한 정보들을 하나의 자료로 통합하여 3차원으로 가시화[11]하였다. 대량의 데이터를 종합적이고 체계적으로 가시화하기 위하여 Out-Of-Core 방법을 사용하였고, 이러한 방법을 사용함으로써 대량의 데이터를 처리하더라도 빠른 시간에 유효한 자원만을 사용하여 처리하게 되었고, 휴대용 노트북에서도 운용이 가능하도록 시스템을 개발하였다.



[그림 2] 공중작전 상황인식을 위한 3차원 가시화

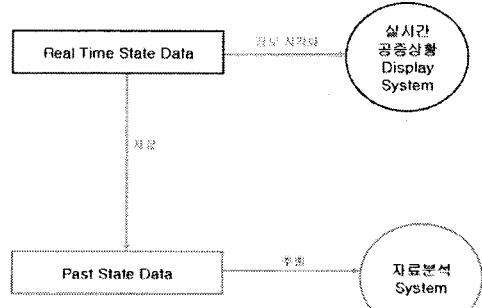
### 3. 항공기 상태전이정보를 이용한 비행경로 시각화 시스템

#### 3.1 시스템 개요 및 분석

제안하는 시각화 기법 구현을 위해 공중상황을 표현하는 일반적인 시스템을 이해하고 사용되는 공중상황 자료 및 데이터베이스에 저장되는 상황자료를 분석한다. 실시간 공중상황 자료는 분석 후 새로운 자료를 생성하여 제안된 시각화 기법의 기본정보로 사용된다.

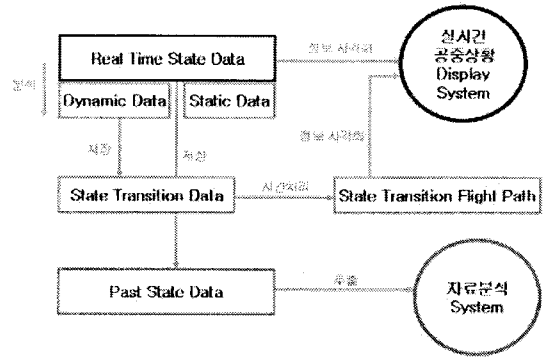
[그림 3]은 일반적인 공중상황 시각화시스템을 분석한 것이다. 대부분의 공중상황 시각화 시스템은 여러 데이터 근원지로부터 실시간 공중상황 자료를 항공기 중심

으로 입력받는다. 각 근원지로부터 입력된 자료는 실시간으로 공중상황정보로 시각화된다. 시각화된 자료를 통해 운영요원은 공중상황을 인식하고, 인식된 상황정보를 기반으로 공중상황을 통제한다. 이후 시각화 처리된 모든 자료는 자료분석을 위해 분석시스템에 저장된다. 필요시 저장된 자료에서 특정시간의 자료를 추출하여 분석시스템을 통해 상황분석을 수행한다.



[그림 3] 실시간 공중상황 시각화 시스템 분석

[그림 4]는 비행경로 생성을 위해 실시간 공중상황 자료를 분석한 것이다. 분석된 자료는 [그림 4]의 적색부 분과 같으며 그 세부내용은 다음과 같다.



[그림 4] 제안된 시각화 기법을 위한 자료 분석

- **동적자료(Dynamic Data)** : 실시간 상태정보 중 시간경과에 따라 변하는 상태정보를 말한다. 항공기 비행 중 생성되는 자료이고, 항공기의 비행패턴을 예측할 수 있는 정보를 제공한다. 제안된 시각화 기법을 위해 실시간으로 저장되어 상태전이 정보를 생성한다. 항공기 고도, 속도, 진행방향, 식별상태, 무장상태, 표적 정보들이 이에 속한다.
- **정적자료(Static Data)** : 항공기 이륙 후 착륙 시까지 설정이후 변하지 않는 자료를 통칭한다. 항공기의 원천적 정보를 포함하고, 자료 분석 시스템에서 분석 자료로 사용된다. 항공기 탑승 조종사, 기종, 식별코드의 정보가 이에 속한다.
- **상태전이 자료(State Transition Data)** : 동적자료를 특정 항공기, 특정 시간과 함께 처리하여 생성하는

상태정보를 말한다. 항공기 비행 중 변화되는 상태 정보를 포함하고, 이를 통해 상태전이 비행경로를 생성한다.

• **상태전이 비행경로 (State Transition Flight Path)** : 상태전이 자료와 해당시간의 보고지점 비행경로를 통합하여 시각화한 자료를 말한다. 상태전이 자료를 동일 굵기의 라인과 색상으로 표현하고, 보고지점을 기호화하여 표현한다. 이를 통해 비행경로 상에서 상태전이 정보를 시각화한다. 항공기 비행패턴정보를 운영수에게 직관적으로 제공한다.

### 3.2 시스템 설계

제안된 기법은 실시간 공중상황 정보와 상태전이 비행경로를 통합하여 시각화하는 것이다. 상태전이 비행경로는 정보 시각화의 기존의 기법들을 사용해 그 효율성을 극대화했다.

이 논문에서는 전체적인 공중상황정보 제공을 위해 시각화의 Overview, Filter 기법을 사용하여 색상과 특정기호로 간략화 했다. Filter는 관심 대상 외의 개체를 제거하는 방법으로 사용되지만, 이 논문에서는 관심 밖의 개체를 시각화 대상에서 제외하지 않고, 색상과 기호를 사용해 상황인식 대상의 중요도를 낮추는 방법으로 표현했다. 기호에 부여된 색상의 명암을 조절하거나, 기호 크기를 축소하는 방법으로 시각화 대상 중요도를 낮추었다.

상태전이 정보를 위해서는 변형된 History기법을 사용하여 개체사이의 경로를 표현하였다. 주로 History 기법은 사용자와의 Interaction부분 표현에 사용되어진다. 사용자의 요구를 기록하고 조회할 때 사용되는 방법이지만, 본 논문에서는 공중상황의 상태정보를 개별항공기 단위로 저장하기 위해 사용했다. 개별항공기의 과거 상태정보를 History자료로 저장하고, 저장된 History자료를 경로 생성을 통한 시각화 기법으로 표현했다. 색상을 통해 표현하고, 색상변화의 추이가 상태변화를 직관적으로 예측할 수 있는 정보를 제공할 것이다.

개별항공기의 상세정보를 제공하기 위해 Details-on-Demand 기법을 사용했다. 기본정보는 공중상황을 시현하는 윈도우에서 제공하고, 상세정보는 다른 윈도우에서 사용자 선택에 의해 구체화할 것이다. 공중상황이 전시되는 윈도우에 지도자료와 중요지점을 표시한 참고자료, 좌표축을 시현하는 기능을 추가했다. 모든 지도자료 및 지형자료는 2차원으로 간략화했으며 색상과 기호로 표현했다. 이는 항공기 자료보다 중요도를 낮추고, 인식률을 높이기 위해 간략화하고 기호화하였다.

## 4. 시스템 구현 및 구현결과

### 4.1 시스템 구현

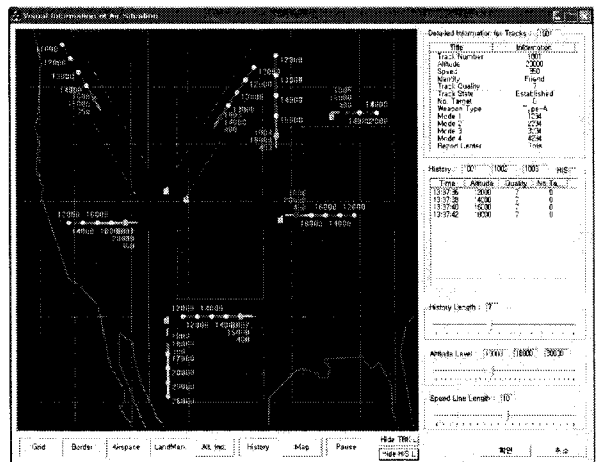
[그림 5]는 제안된 시각화 기법을 사용하여 구현한 시스템이다. 공중상황 시각화 윈도우, 항공기 상세정보 및 비행경로 상세정보 윈도우, 디스플레이 조절 윈도우 세 부분으로 구성되어 있고, 각각의 기능은 다음과 같다.

• **공중상황 시각화 윈도우** : 전체적인 공중상황의 시각화 정보를 제공한다. 실시간 항공기 정보를 색상과 기

호로 시각화했다. 항공기의 기본정보는 해당항공기 기호와 같이 표현했다. 이 윈도우에서 디스플레이 조절 윈도우로 조작된 모든 결과가 시각화되고, 상태전이 비행경로가 디스플레이 된다. 이 정보를 통해 운용요원은 항공기 패턴정보를 인식하여 공중상황을 판단하게 된다. Filter기능은 특정고도의 항공기를 특정 색상으로 전시하거나, 특정속도의 항공기의 속도성분을 축소하여 표현한다.

• **항공기 상세정보 및 비행경로 정보 윈도우** : 시각화 윈도우에서 선택한 항공기의 상세정보와 비행경로의 상세정보가 디스플레이 된다. 개별항공기 단위로 윈도우에 디스플레이 되고, 상태전이 비행경로를 시현하기 위한 경로전시변수를 비행경로 정보 윈도우에서 선택한다.

• **디스플레이 조절 윈도우** : 공중상황 시각화 윈도우에 시현되는 항공기의 자료를 통제하고 배경이 되는 지도, 중요지점을 통제하는 버튼을 포함한다. 해안선 및 국경선(Border)의 디스플레이를 통제하고, 구역(Airspace) 및 중요지점(Landmark)을 표시하거나, 항공기의 비행경로 전시를 통제한다. 시각화 윈도우에 전시되는 항공기의 Filter기능을 위해 고도 및 속도를 선택한다.



[그림 5] Visual Information of Flight Path

### 4.2 시스템 구현결과

구현된 시스템의 결과를 확인하기 위해 모의자료를 생성하였다. [표 1]은 비행패턴인식이 공중상황 인식 및 통제에 미치는 영향을 확인하기 위한 공중충돌 경로로 가고 있는 3대의 항공기 모의자료이다.

항공기	고도(Fts)	속도(Kts)	진행방향
A	19000	300	090
B	19000	300	090
C	18000	200	270

[표 1] 충돌경로 모의자료

[그림 6-1]은 항공기 3대(A, B, C)가 충돌경로로 가고 있고, 이를 통제해야하는 상황을 시각화한 것이다.

[그림6][a]는 대부분의 실시간 공중상황 시각화 시스

템이 표현하는 시각화 기법이다. 실시간 항공기 위치를 간략한 기호와 속도벡터로 표현하고, 상대정보를 같이 디스플레이 한다. 이러한 정보표현은 현 상태의 정보를 인식하는데 문제가 없다. 그러나 제시된 상황에서 충돌경로로 가고 있는 동일한 조건의 항공기 A와 B 중 우선 회피시켜야 할 항공기를 결정해야 한다면 주어진 자료만으로 공중상황을 판단하기가 쉽지 않다. 현재 제공된 공중상황은 A와 B가 동일한 조건이므로 먼저 통제할 항공기는 운영수의 경험 및 인식능력에 달려있다.

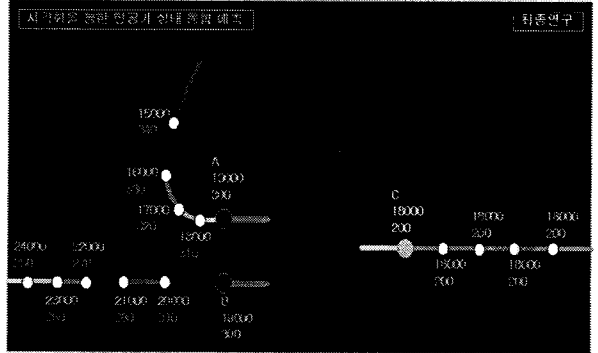
[그림6][b]에서 시각화된 비행경로를 통해 상황판단을 정확히 할 수 있다. A 항공기는 선회중이라 예측할 수 있고, B 항공기는 지속 직선비행 할 것이라 예측할 수 있다. 예측된 정보를 통해 충돌경로로 지속비행 중인 B를 먼저 통제할 것이다.

[그림6][c]는 경로 상에 보고지점을 표시하였다. 보고지점간의 거리는 단위 시간에 이동한 거리와 같으므로 지점간의 거리를 통해 비행속도를 예측할 수 있다. 지점간의 거리가 짧은 것은 긴 것에 비해 속도가 느린 것이다. 지점간의 거리가 시간의 경과에 따라 줄어들면 감속 중인 것으로, 시간의 경과에 따라 늘어나면 가속하고 있음을 예측할 수 있다.

[그림6][d]는 비행경로 상에 비행고도에 대한 색상을 다르게 표현하였다. 이전 고도보다 높은 고도는 밝은 색상으로, 이전 고도보다 낮은 고도는 어두운 색상으로 처리하였다. 시간의 경과함에 따라 색상이 밝아지면 상승함을, 시간이 경과함에 따라 어두운 색상으로 표현되면 하강함을 예측할 수 있다.

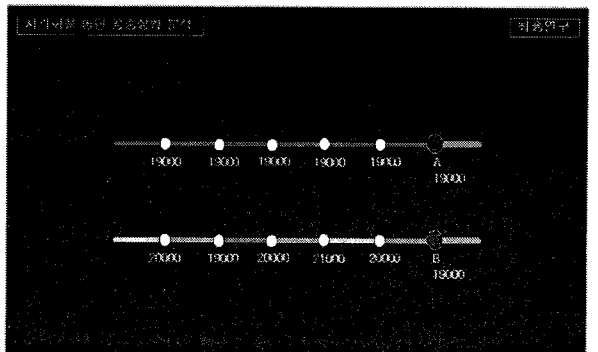
위의 여러 가지 상황은 과거자료를 시각화하는 방법으로 현재의 정확한 공중상황 인식이 가능하고 미래의 항공기 비행패턴을 예측할 수 있음을 설명한다. 구체적인 상황정보의 텍스트정보가 없더라도 시각화된 색상과 경로만으로 비행패턴 인식이 가능함을 보여주고 있다. 통제요원은 이런 시각화 정보를 통해 정확하고 신속한 상황통제가 가능할 것이다.

진이 비행경로를 통해 표현하고 있다. 최종적인 통합예측을 위해 시각화한 상태전이 비행경로 [그림 7]은 텍스트 정보 없이도 운용수가 직관적으로 공중상황을 인식할 수 있음을 위에서 이미 설명하였다.



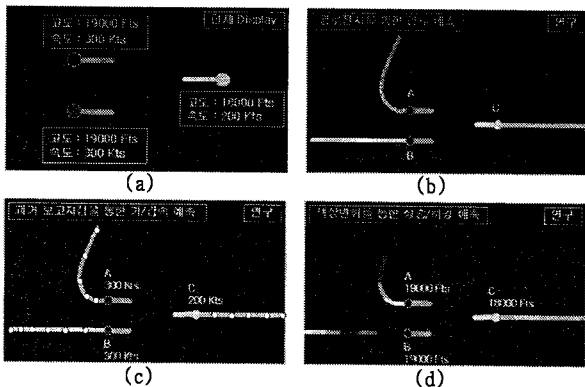
[그림 7] 시각화를 통한 항공기 상태 통합 예측

[그림 8]은 상태전이 비행경로를 통해 공중공간의 상황을 예측한 것이다. 상태전이 비행경로는 운용요원에 의해서 요청된 고도정보를 시각화하고 하고 있다. A 항공기와 B 항공기는 실시간 자료를 통해 동일한 고도 19000 Fts로 비행하고 있음을 보여주고 있다. 항공기 상태전이 비행경로를 시각화하면 A는 동일색상의 비행경로를 가지고 있고, B는 색상변화가 있는 비행경로를 가지고 있다. 이것은 A는 동일 고도로 지속비행하고 있고, B는 고도가 상승/하강을 반복하고 있음을 알 수 있다. 이것은 B 항공기의 조종사가 특별한 조작을 통한 의도된 비행이 아니라면 항공기 비행구역 내에서 상충점이 발생하여 지속적으로 항공기가 상승하고 있음을 예측할 수 있다.



[그림 8] 시각화를 통한 공중상황 분석

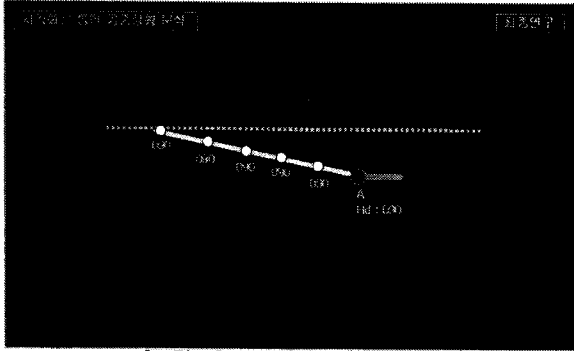
[그림 9]도 상태전이 비행경로를 통해 공중공간의 상황을 예측한 것이다. 상태전이 비행경로는 운용요원에 의해서 요청된 진행방향정보를 시각화하고 하고 있다. 항공기의 비행경로가 동일 색상이다. 이것은 항공기가 진행방향의 변화 없이 090방향으로 비행을 하고 있음을 보여준다. 그래서 비행경로는 회색의 점선으로 비행하는 것이 예상되었으나 실제 비행경로는 마치 의도된 것처럼



[그림 6] 시각화를 통한 상황인식

[그림 7]은 최종적으로 제안된 시각화 기법을 구현한 프로그램이다. 앞서 설명한 직선/선회비행, 가속/감속비행, 상승/하강비행의 항공기 비행패턴을 시각화된 상태

럼 항공기 오른쪽으로 기울어진 사선으로 비행하고 있다. 이것은 항공기가 왼쪽으로 바람을 받아 오른쪽으로 밀리고 있음을 나타내고 있다. 이것을 인지한 항공기 통제요원은 예상하는 경로로 유도하기 위해 항공기 진행 방향을 적절히 수정할 것이다.



[그림 9] 공중상황 분석 및 조치

## 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 공중상황을 통제하는 운영수의 정확한 공중상황 인식 및 신속한 결정을 위해 구체화된 시각화 방법을 제안하였다. 이를 위해 현재 사용 중인 실시간 공중상황 시각화 시스템의 자료를 동적자료와 정적자료로 분석하였다. 동적자료를 통해 상태전이자료를 생성하였고, 이것을 보고지점 및 실시간자료와 병합하여 상태전이 비행경로를 생성하였다. 공중상황 정보를 제공하기 위하여 시각화 기법인 Overview, Filter 기법을 사용하였고, 색상과 기호화를 통해 공중상황의 정보를 시각화하였다. 상태전이 비행경로는 상태변수의 값으로 결정된 색상으로 표현하였고, 보고지점을 선으로 연결하여 나타내었다. 이러한 시각화 기법을 통해 항공기의 비행경로 상에서 선회/직선비행, 가속/감속비행, 상승/하강비행에 대한 직관적 정보를 제공할 수 있었고, 바람의 방향과 같은 공중공간 상황정보도 예측할 수 있었다. 이러한 통합 공중상황 정보는 운영요원이 공중상황을 정확히 인식하고, 통제에 대한 판단 및 지시를 신속히 수행할 수 있게 지원할 것이다.

향후 연구로는, 정보시각화의 큰 목적은 많은 자료를 얼마나 효과적으로 시각화하여 이용자에게 효율적 정보를 제공하는가 하는 것이다. 본 논문에서는 제안된 시각화 기법으로 시스템을 구현하는데 중점을 두었다. 구현된 시스템이 얼마나 효과적으로 공중상황 인식에 작용할 것인지는 실제 운영요원이 사용하고 평가해야 할 몫이다. 향후 구현된 프로그램의 적절한 평가를 위해 이용자 인터페이스 평가원칙[12]에 대한 추가 연구가 있어야 하고, 연구된 평가원칙에 의해 시스템 평가가 이루어져야 할 것이다. 평가를 통해 발견된 문제점은 시각화 기법의 효율적 사용과 정보의 인식 편의성을 위해 시스템으로 구체화되어야 한다.

## [참고문헌]

- [1] 최주원. "민간 무인기의 충돌회피 기술개발 동향", 항공우주산업기술동향, 제2권, 제1호, pp.142-151, 2004년
- [2] FLIGHTExplorer, Flight Explorer Inc., 2007
- [3] 문관영, "기동력 제한조건하의 비행경로 생성기법 연구", 서울대학교 대학원 기계항공공학부, 2002년 2월
- [4] 임은성, "비행체 실시간 비행경로 추종기법 연구", 서울대학교 대학원 기계항공공학부, 2004년 2월
- [5] 김종영, 오희국. "정보검색에서의 시각화 기법", 전자공학회지, 제25권, 제8호, pp.69-75, 1998년
- [6] R. Spence, Information Visualization, New York, ACM Press, 2001
- [7] B.B. Bederson, B. Sheiderman, M. Watterberg, "Ordered and Quantum Treemaps : Making Effective Use of 2D Space to Display Hierarchies", ACM Transactions on Graphics, 21, (4), pp.833-854, Oct. 2002
- [8] L. J. Rosenblum, J. Durbin, R. Doyle, R. King, D. Tate, "Situational Awareness Using the VR Responsive workbench", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.17, No.4, pp.12-13, July/Aug 1997
- [9] J. Durbin, J. Edward Swan, Tony King. "Battlefield Visualization on the Responsive Workbench", Proc. IEEE Visualization 98, ACM Press, New York, pp.463-466, Oct. 1998
- [10] D. Hix, Mike McGee, J. Edward Swan, "User Centered Design and Evaluation of a Real-Time Battlefield Visualization Virtual Environment", Proc. IEEE Virtual Reality 99, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, Calif., pp.96-103, 1999
- [11] 김성남, 최종인, 김창현, 임철수. "공중작전 상황인식을 위한 3차원 가시화", 정보과학회, 제32권, 제6호, p.p.314-323, 2005년 6월
- [12] 이지연. "이용자 인터페이스 설계 원칙에 의한 정보시각화 시스템 평가 및 문제점 분석", 정보관리연구, 제34권, 제2호, pp.67-88, 2003년