

# 공중작전 상황인식 3차원 가시화

김성남 김창현  
고려대학교 컴퓨터학과  
{snkim, chkim}@cgvr.korea.ac.kr

## 3D Visualization for Situational Awareness of Air Operations

Seong-Nam Kim Chang-Hun Kim  
Dept. of Computer Science & Engineering, Korea University

### 요 약

본 논문은 공중작전에 대한 신속하고 정확한 상황인식을 위한 3차원 가시화 시스템을 제안한다. 공군의 전략, 전술을 수립, 시행하는 공군 지휘관에게는 전장 전반에 걸쳐 아군기, 적기, 민항기 등 공중 항적에 대한 정확한 정보를 신속하게 전달할 수 있는 공중작전 상황인식 3차원 가시화 시스템이 요구된다. 이를 위해 본 논문에서는 대용량의 디지털 지형 데이터의 가시화와 수많은 공중 항적의 데이터베이스 자료를 연계시킨 시스템을 구현하였다.

### 1. 서론

전장의 상황인식에 대한 필요성은 인류의 전쟁 역사와 그 맥을 같이 한다. 전장에 대한 상황인식의 중요성은 수 많은 전쟁사에서 나타나듯이 최고 결정권자의 정확한 상황인식 여부에 따라 전쟁의 승패가 결정되었기 때문이다. 고대에는 모래 위에 막대기로 적군과 아군을 표시함으로써 상황인식에 대한 가시화를 시도 했으며, 중세를 거쳐 20세기 말까지는 그림 1과 같이 전장 관찰자들로부터 통신 장비를 이용하여 전장 상황을 아세테이트 비닐을 씌운 지도 위에 도시하는 수준이었다.

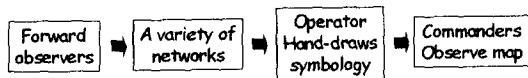


그림 1. 전장 상황 도시 순서도

또한 현재 공군에서 운용하고 있는 전장 상황을 표시하는 장비는 공중감시를 위한 도플러 방식의 레이더에 의한 항적 정보를 레이더 스크오프에 도시하는 수준이다. 레이더에 의한 항적 정보만으로는 의사 결정을 할 수 없기 때문에 주로 통신장비를 이용한 조종사와의 대화를 통해 상황을 인식하고 있다.

이에 공군 지휘관에게 전장에 대한 신속, 정확한 상황을 전달하여 보다 신속한 의사결정을 내릴 수 있도록 지원하는 공중작전 상황인식 3차원 가시화 시스템을 제안하고자 한다. 공중작전 상황인식 3차원 가시화를 위해서는 크게 두 가지의 기술이 요구된다.

즉, 디지털 지형 자료의 3차원 가시화 기술과 상황인식에 필요한 각각의 항공기에 대한 구체적인 정보획득 기술이다.

본 논문에서는 대용량 디지털 지형자료의 3차원 가시화를 위해 Out-of-core 지형모델 가시화 방법을 이용하였으며, 항적에 대한 구체적인 정보획득을 위해 도플러 레이더를 통한 항적의 외적인 속성자료와 비행계획 작전 데이터 베이스(DB), 조종사 인사 DB 등 내적인 속성자료를 연계하였다.

### 2. 관련 연구

컴퓨터의 급속한 기술발전이 힘입어 전장 상황인식을 위한 가시화에 대한 연구도 컴퓨터 그래픽스의 주요한 연구주제가 되었다. 현재까지는 미국의 국방성이 중심이 되어 연구가 되고 있으나 상황인식 가시화라는 연구주제는 군 뿐만 아니라 상업적인 항공교통 관제, 지리정보 시스템(GIS), 3차원 게임 등 여러 분야에서 사용될 수 있다.

공중작전을 위한 전장에 대한 가시화는 광대한 지형과 적군기, 아군기, 민항기 등 복잡한 자료를 표시해야 한다.

Durbin과 Rosenblum[1,7]은 responsive workbench를 이용하여 전장에 대한 상황인식 가시화 시스템인 Dragon을 개발하였다. Dragon 시스템은 육, 해, 공군 전력을 모두 가상 이미지로 표시하고, 사용자의 편의성을 위해 pinchglove, 조이스틱, 음성인식 장치 등과 같은 인터페이스를 사용하였다. Hix[4]는 실시간 전장 상황 인식 가시화를 위한 사용자 중심의 개발 및 평가 방법에 대해 기술하였으며, Feibush[3]는 지구 전역에 대한 지형모델을 소개하고, 관찰자의 시점 중심에 따라 가장 관심 지역을 playbox로 구성, 약 1000,000Km<sup>2</sup>를 LOD(Level of detail) 기법을 적용하여 실시간으로 도시할 수 있는 JOVE (Joint Operations Visualization Environment) 시스템을 개발하였다.

### 3. 시스템 개요도

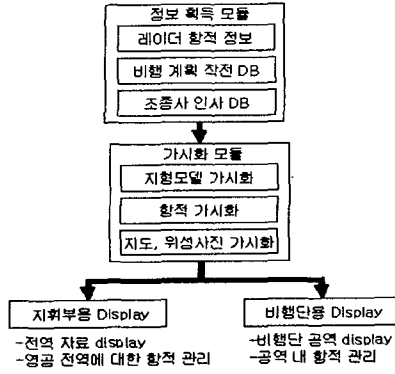


그림 2. 시스템 개요도

그림 2는 본 논문에서 제안하는 공중작전 상황인식 가시화 시스템의 개요도이다. 먼저 정보획득 모듈에서는 레이더에 포착된 각 항적에 대한 적아 식별 및 위치, 고도, 속도 등의 정보를 획득하고, 비행계획 작전 DB와 조종사 인사 DB 등 현재 운용되고 있는 DB 자료 중 항적과 일치하는 자료를 추출한다. 가시화 모듈에서는 3차원 지형모델을 가시화하고, 현실감 및 사실감을 증가시키기 위해 또는 사용자의 목적에 따라 지도, 위성사진 등의 이미지를 텍스처 매핑한다. 또한 정보 획득 모듈에서 포착된 항적을 기호 또는 3차원 항공기로 가시화한다. 마지막으로 사용자의 권한에 따라 지휘부용과 비행단용으로 나뉜 지휘부의 경우 영공 전역에 대한 항적을 확인할 수 있도록 하여 공중작전 상황을 정확히 인식 할 수 있도록 하였다. 비행단의 경우에는 자신의 구역에 대한 항적만을 관리할 수 있도록 하였다.

### 4. 항적 정보 획득 모듈

본 논문에서 항적정보를 획득하기 위한 모듈에는 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 도플러 레이더를 통한 항적 정보 획득이다. 공군에서 현재 사용하는 레이더를 이용하여 아날로그 항적정보를 컴퓨터에서 사용할 수 있도록 디지털화하여 레이더와 항적과의 상대적 3차원 위치를 계산, 3차원 지형 모델에서 정확한 위치를 도시할 수 있도록 하였다.

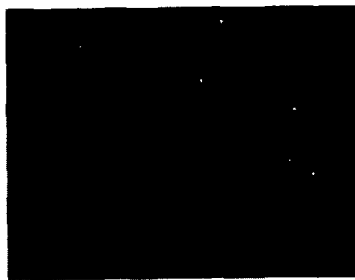


그림 3. RTDS(Real-Time Display System)

항적에 대한 아날로그 신호를 디지털화하는 방법은 현재 공군에서 운용되고 있는 RTDS(Real-Time Display System), 그림 3을 이용하였다.

둘째, 각 항적에 대한 속성자료라 할 수 있는 비행계획 작전 DB를 연계하였다. 레이더에 포착된 항적자료는 항적에 대한 외적인 속성 - 적아 식별, 위치, 고도, 속도 등 - 만을 나타낸다. 공중작전에 대한 정확한 상황인식을 위해서는 이러한 외적인 특성뿐만 아니라 내적인 속성 - 비행업무, 임무구역, 보유 항공단 종류, 이착륙 시간 등 - 도 매우 중요하다. 마지막으로 조종사 인사 DB를 연계하였다. 내적인 속성 중 가장 중요한 항공기 탑승 조종사의 자료를 연계함으로써 어떠한 자적의 조종사가 어떤 임무로 어떤 항공기를 타고 있는가를 시스템을 통해 바로 알 수 있다. 이러한 정보획득 모듈을 통해 지휘관은 전장에 대한 상황을 신속, 정확하게 인식할 수 있다.

### 5. 가시화 모듈

가시화 모듈은 지형모델 가시화, 항적 가시화, 지도.위성사진 가시화 부분으로 분류할 수 있다.

#### 5.1 지형모델 가시화

지형모델 가시화는 PC 기반의 CPU, 메모리 성능으로 대용량의 디지털 지형 데이터를 실시간으로 가시화하는 것이다. 기존의 지형모델 가시화에 대한 논문들[2,5]에서는 주로 in-core에서의 지형모델 가시화 방법들을 제안하였다.

그러나 수백 기가 이상 대용량의 데이터를 처리해야 하는 3차원 지형모델의 특성상 대용량의 데이터는 하드 디스크에 저장하고 필요에 따라 특정 지역의 데이터를 메모리에 올려 도시하는 out-of-core 가시화 방법이 요구된다. 따라서 in-core 방법들을 out-of-core에 직접 적용하기에는 많은 제약이 있다. 예를 들어, LOD에서 모서리 축약이나 꼭지점 제거를 하기 위해서는 지역 연결성을 이해해야 하는데 이 부분이 메모리에 없을 경우에는 적용할 수 없다.

본 논문에서는 3차원 지형모델 가시화를 위해 Lindstrom[6]의 out-of-core 방법을 이용하였다. 이 방법은 어플리케이션에서 원하는 지형 데이터의 접근 순서에 근접한 순서로 데이터를 구조화하는 방법과 색인 계산 방법을 적용하여 실제 요구하는 페이지는 운영 체제가 담당하면서 메모리의 응집도를 높이는 방법이다. 데이터의 지역성을 위해서 전체 지형정보는 그림 4와 같이 interleaved quad-tree(white(Qw), black(Qb))로 구성한다.

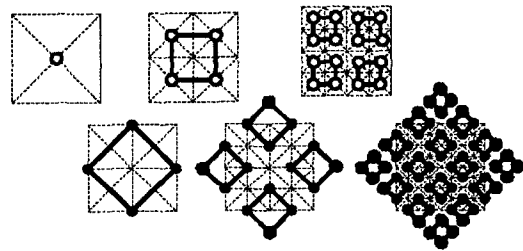


그림 4. Interleaved quad-tree(white and black quad-tree)

그리고 사용자가 지형의 고저를 쉽게 파악할 수 있도록 고도의 차이에 따라 다른 색을 표시하기 위해 칼라 테이블을 사용하였다.

5.2 항적 가시화

항적에 대한 가시화는 기호로 표현하는 방법과 실제 항공기와 같은 3차원 폴리곤 모델로 표시하는 방법을 병용하였다. 항적 기호는 미 국방성 인터페이스 교범 중 일반 전투 기호 교범(MIL\_STD\_2525B)를 기호로 하여 표현하였다.

5.3 지도, 위성 사진 가시화

지도나 위성사진을 3차원 지형 모델에 텍스처 매핑하여 사실감과 현장감을 높였다. 각 용도에 따라 다양한 지도와 위성사진을 사용하여 지휘관에게 정확한 위치파악을 지원할 수 있다. 지도와 위성사진의 경우에는 이미지가므로 전처리 단계에서 밍맵으로 구성하여 LOD의 레벨에 따라 다른 밍맵을 적용하도록 하였다.

6. 실험 결과

공중 작전 상황 인식 가시화를 위한 실험 환경은 다음과 같다.

- CPU, 메모리 : Pentium 4 1.4GHz, 640MB
- 그래픽 카드 : GeForce2 pro 64MB
- 언어, 라이브러리 : Visual C++ 6.0, OpenGL 1.2

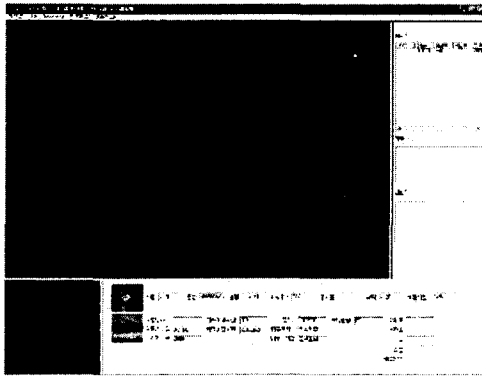


그림 5. 공중작전 상황인식 가시화 전체화면

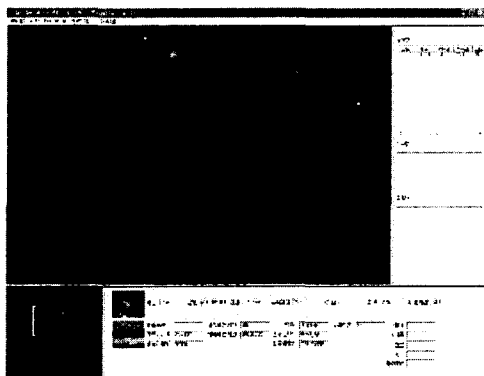


그림 6. 공중작전 상황인식 가시화 확대화면

그림 5와 그림 6은 본 논문에서 제안한 공중작전 상황인식 가시화 결과화면이다. 결과화면에서 보듯이 고도에 따른 칼라 테이블을 적용하여 3차원 지형모델을 가시화하였으며, 항적을 기호로 가시화하였다. 그림 5는 초기화면으로 전체화면을 가시화하였고, 지휘관이 특정 지역을 상세히 볼 경우에는 그림 6과 같이 화면 왼쪽 하단의 전체 이미지에서 마우스를 통한 영역 선택으로 상세하게 볼 수 있도록 인터페이스를 구성하였다. 오른쪽 상단과 하단은 항적에 대한 정보 획득 모듈에서 획득한 구체적인 DB 자료이다. 오른쪽 상단은 아군, 적군, 민항기로 구분하여 각각의 대략적인 정보를 표시하도록 하였으며, 왼쪽 하단은 선택된 항적에 대한 조종사와 항공기 정보 등 구체적인 DB 자료를 표시하도록 구성하였다.

본 논문에서 사용한 디지털 지형모델 자료는 1 degree-DEM (Digital Elevation Model)으로 결과화면은 4개의 DEM 파일로 구성된 미국 아리조나주의 그랜드 캐년 일대이다.

7. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 전장에서 벌어지는 상황을 원거리의 지휘관에게 신속, 정확하게 전달하여, 올바른 지휘결심을 하도록 지원하는 공중작전 상황인식 3차원 가시화 시스템을 구현하였다.

향후 과제로는 음성 인식과 같은 보다 직관적인 사용자 인터페이스를 추가하는 것이다. 또한 정보획득 모듈을 확장하여 공중항적뿐 아니라 육, 해군의 병력까지 포함하여 전장 전반에 대한 상황인식을 가능하도록 할 계획이다.

8. 참고 문헌

- [1] J. Durbin, J. Edward Swan, Tony King, "Battlefield Visualization on the Responsive Workbench", *Proc. IEEE Visualization 98*, ACM Press, New York, Oct. 1998, pp. 463-466.
- [2] M. A. Duchaineau, M. Wolinsky, D. E. Sigeti, M. C. Miller, C. Aldrich, and M. B. Mineev-Weinstein, *ROAMing Terrain: Real-time Optimally Adapting Meshes*, *IEEE Visualization '97*, 81-88, Nov. 1997
- [3] Eliot Feibush, Nikhil Gagvani, Daniel Williams, "Visualization for Situational Awareness", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 20, No. 5, Sep/Oct 2000, pp 38-45.
- [4] 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., 1999, pp. 96-103.
- [5] P. Lindstrom, D. Koller, W. Ribarsky, L. F. Hodges, N. Faust, and G. Turner, "Real-Time, Continuous Level of Detail Rendering of Height Fields", *Siggraph 96 Conf. Proceedings*, Holly Rushmeier, ed., Ann. Conf. Series, ACM Press, New York, Aug. 1996, pp. 109-118
- [6] P. Lindstrom, V. Pascucci, "Visualization of large terrains made easy", in *IEEE Visualization 2001*, Kenneth I. Joy, Amitabh Varshney, and Thomas Ertl, Eds., San Diego, California, Oct. 2001, pp. 363-370.
- [7] L. J. Rosenblum, J. Durbin, R. Doyle, R. King and D. Tate, "Situational Awareness Using the VR Responsive workbench", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.17, No.4, July/Aug 97, pp.12-13.