

스케치 인터페이스를 이용한 항공기동 학습 시스템 개발

김상진^{*}, 박태진^{**}, 최윤철^{***}

요 약

최근 스케치 인터페이스를 이용한 많은 콘텐츠 제작 기술들이 선보이고 있다. 특히 애니메이션 제작기술 발달로 인해 스케치북에 연필로 선을 그으면 그 선이 그대로 살아 움직이는 애니메이션으로 제작되는 시스템도 선보이고 있다. 본 연구에서는 스케치 인터페이스를 이용해 복수 항공기의 항공기동을 애니메이션하고 학습할 수 있는 시스템을 개발한다. 항공기의 비행은 대부분 3차원 공간상에서 이루어지고 특정한 규칙 없이 이동하는 일반 애니메이션과는 달리 독특하고 복잡한 비행패턴을 가진다. 즉, 가속과 감속, 상승과 하강, 직진과 선회 비행만이 아닌 가속하면서 하강하거나, 감속하면서 상승하는 등 두 가지 이상의 복합적인 이동 패턴을 보인다. 이러한 복잡한 이동패턴들로 인해 항공기를 조종하는 조종사와 공중상황을 통제하는 통제요원들은 기존 애니메이션시스템을 이용해 전체적인 항공기동 상황을 학습하기 어렵다. 본 연구에서는 단위경로 스케치 기법을 제안하여 프레임기반의 애니메이션 제작에 비해 적은 입력만으로도 항공기동 애니메이션을 제작할 수 있도록 한다. 또한 제안하는 시스템은 비행경로 사실화 작업으로 복합적인 비행패턴을 지원하여 실제 비행과 유사한 애니메이션이 가능하다.

Design of Flight Learning System Using Sketch-based Interface

Sang-Jin Kim^{*}, Tae-Jin Park^{**}, Yoon-Chul Choy^{***}

ABSTRACT

Sketch-based interface is used more and more in developing animation contents. Particularly, there has been a system where the user's sketch inputs are interpreted and presented as live motions. In this study, it is to design an animated flight learning system using sketch-based interface. Most of the flights include movements in three-dimensional space and have unique and complex flight patterns. In other words, the actual flight movements not only include acceleration and deceleration, rising and falling, straight or circular flying, but also may include combinations of two or more movements as they simultaneously occur such as accelerating while falling, or slowing down while rising, and so forth. And, currently existing flight learning animation system cannot present such complex flight patterns to the pilots of aircrafts or to those personnel for air-traffic controllers. Hence, it is to be shown in this study that unit-path sketch animation method can support quicker ways to create animations to present those complex flight movements, and requires lesser inputs compared to the existing frame-based animation method. Also, the flight learning system suggested uses the flight-route realization tasks to reflect complex flight patterns, and therefore creates animations close to real as possible.

Key words: Basic Flight Maneuver(항공기동), Sketch Interface(스케치 인터페이스), Flight Learning System(학습시스템)

※ 교신저자(Corresponding Author): 박태진, 주소: 서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 제3공학관 멀티미디어 그래픽스연구소 507호(120-749), 전화: (02)393-7663, FAX: (02)393-7663, E-mail: parktj2003@gmail.com

접수일: 2009년 10월 9일, 수정일: 2010년 1월 11일
완료일: 2010년 2월 18일

^{*} 준회원, 연세대학원 컴퓨터과학과 석사

(E-mail: sangjin_kr@hotmail.com)

^{**} 준회원, 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정

^{***} 종신회원, 연세대학교 컴퓨터과학과 교수

(E-mail: ycchoy@rainbow.yonsei.ac.kr)

※ 이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-313-D01012)

1. 서 론

최근 문화 콘텐츠 기술(CT, Culture Technology) 발전은 애니메이션에 문외한인 사람도 스케치 인터페이스를 이용해 3D 애니메이션을 쉽게 만들 수 있도록 지원한다. 이러한 스케치기반 콘텐츠 기술은 항공기동 교육 분야에서도 반드시 필요한 응용분야이다. 본 연구에서는 다수의 항공기가 비행하는 기동상황을 스케치 인터페이스를 이용해 쉽게 제작할 수 있고 교육하는 시스템을 개발한다. 기존 항공기동 교육에 있어 조종사들은 항공기 간의 기본 항공기동(BFM : Basic Flight Maneuver) 표기법을 숙지하여 모든 공중 전술과 기술들을 교육받는다. BFM 개념은 표적의 공간적인 관계를 위치기하학, 공격기하학, 무기발사범위 등의 관점으로 해석하며 그림 1과 같이 항공기 간의 상대적 움직임을 2차원에 표기된 항공 객체의 속도와 거리로 표현한다. 하지만 이러한 2차원 도식도만으로 다수의 전투기 간의 상대적 기동상황을 정확하게 이해하고 교육하는 것은 매우 어려운 일이다. 기존 도해도 방식을 이용한 교육은 2차원의 평면에 전투기의 비행경로를 표기하고 상승과 하강에 대한 기호를 도식함으로써 조종사에게 전달된다[1]. 하지만 이는 조종사의 개인적인 경험과 3차원 공간에 대한 상상력에 의존하는 부정확한 방법이고 정확한 3차원 항공기동을 교육하기에는 한계가 있다.

만약 3D 애니메이션 제작도구를 이용한다면 교육자의 사실적, 직관적 인식이 가능하고 교육 효과도 높아질 것이다. 하지만 3D 애니메이션 제작 작업은 전문가에 의해서만 생성 가능한 3D 모델이 필요하고 방

대한 작업량이 요구되는 일이므로 다양한 분야에서 쉽게 적용되지 못하고 있다. 본 연구에서는 다수의 항공기 간에 기동방법을 교육하기 위해 간단한 스케치 입력을 기동 도해도로 해석할 수 있고 이를 실제 항공기동과 유사한 3D 애니메이션으로 제작할 수 있는 시스템을 구현한다. 제안하는 시스템은 조종사의 공중전투, 편대비행 등 항공기동과 관련된 모든 분야에서 활용가능하다.

2. 관련연구

본 연구의 관련 연구로 크게 스케치기반 애니메이션 연구와 항공기동 시뮬레이션에 대한 연구를 살펴 보도록 하자. 최근 애니메이션 제작이나 모델링에 스케치 인터페이스를 이용하고자하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다[2-4]. Motion by Example[5] 기법은 사용자 스케치 입력을 이용하여 애니메이션의 구성 객체를 제작하고 각 객체들에 대한 움직임을 독립적으로 녹음하는 방식이다. 생성된 구성 객체들에 대한 움직임으로, 이동/회전/크기변환/드래그와 같은 기본적인 모션지정 방식을 지원하며, 객체간 시간동기화를 위해서 타임 슬라이더를 제공하여 반복적인 녹음과 재생이 가능하다. Motion by Example 기법은 모션을 스케치하는 과정을 모두 기록하며 동시에 재생이 가능한 애니메이션을 생성하는 장점이 있다. 하지만 객체 간 시간동기화와 애니메이션 타이밍 조절이 어렵다는 단점이 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위한 많은 연구가 있었으며 대표적인 연구로는 K-Sketch[6], Race-Sketch[7], TS-Animation[8] 등이 있다. K-Sketch에서는 기존 애니메이션 제작 기법 중 일반 사용자에게 어려운 복잡한 사용법을 배제시키고 사용자가 빠른 제작에만 집중할 수 있도록 인터페이스를 제공한다(그림 2). 현재까지 가장 많은 종류의 모션을 지원하고 있다. 그러나 사용자의 직관적인 타이밍 및 미적 감각에만 의존하기 때문에 정형화될 필요가 있는 애니메이션을 제작할 수 없다는 단점이 있다. 아래 표 1은 각 연구들의 내용과 특성들을 표로 작성한 것이다.

한편, 실제 항공기동 상황을 애니메이션으로 재현할 때는 몇가지 문제를 해결해야 한다. 3D 애니메이션 제작 시, 경도/위도/고도 값으로 구성된 3차원 비행기록 데이터들을 단순히 연결하여 이를 쉽게 구현

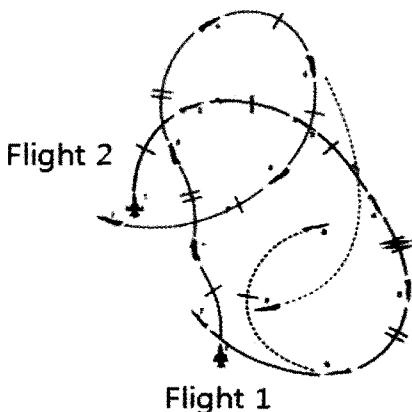


그림 1. 항공기동 도해도의 예

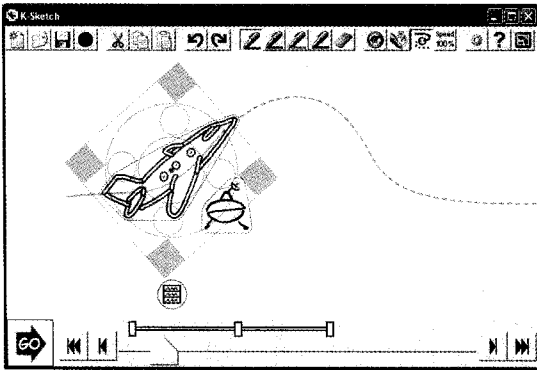


그림 2. K-Sketch(6) User Interface

표 1. Motion by Example 방식의 연구들

구분	내용 및 특성
K-Sketch	<ul style="list-style-type: none"> · 다양한 애니메이션 객체 생성 도구 지원 · 시간동기화 기능 제공하지 않음
Race-Sketch	<ul style="list-style-type: none"> · 컨트롤 포인트의 시간동기화 기능 탑재 · 동기화 부분 이외 경로에 대한 밸런스 조절이 어려움
TS-Animation	<ul style="list-style-type: none"> · 모션과 시간을 트랙 개념으로 기록 · 모션과 시간별 조절이 가능하고 동기화 애니메이션 작업에 적합함

기록 장치로부터 얻어낸다. 기록된 주요 비행 파라미터들은 당시의 비행 상황을 판단하는 주요 자료로 활용된다. 전 세계적으로 알려진 대표적인 영상기반 비행분석 프로그램들은 Honeywell 사의 ADRAS, Spirent사(현재 Teledyne사로 통합)의 GRAF Vision 그리고 SimAuthor사의 FlightViz™(그림 3)와 Flightscape사의 RAPS 등이 있으며, 각 회사들은 나름대로의 방법으로 비행궤적이 실제와 최대한 근접하도록 구현하고 있고 그 구체적인 알고리즘은 외부에 알려지지 않는다.

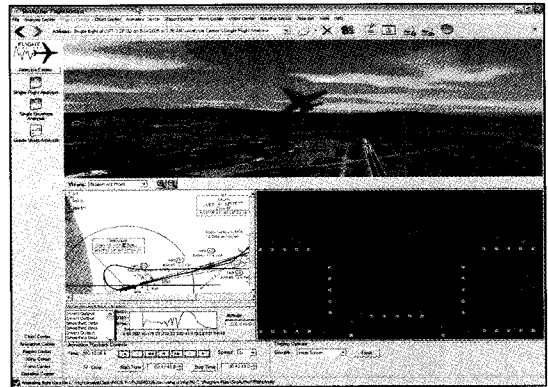


그림 3. SimAuthor사의 FlightViz™

할 수 있을 것으로 생각할 수 있지만 실제로는 그렇지 않다. 대형 민간 항공기들이 기본 항법장비로 채택하여 사용하고 있는 관성항법 시스템은 그 정확도 부족과 누적오차 문제로 인하여 실제 애니메이션 제작 시에는 그다지 도움이 되지 않는다. 최근에는 MMR(Multi Mode Receiver)과 같은 장비들이 항공기에 장착되어 GPS 신호를 관성항법 센서들의 출력과 함께 보완하여 사용하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 영상기 R비행분석 프로그램이다. 최근적으로 항공기 기수의 방향각(magnetic heading, track angle) 데이터와 지면에 대한 항공기의 속도(ground speed) 데이터를 이용한 적분알고리즘으로 비행궤적을 구현하고 있다. 이처럼 비행 데이터에 포함된 여러 요인들을 극복하고 정밀한 비행분석이 가능하도록 실제 상황을 최대한 현장감 있게 재현하는 것은 아직도 많은 연구가 필요한 어려운 일이다[9-12].

기존 소개된 비행분석 시스템들은 항공기의 비행을 애니메이션으로 재현하기 위해 필요한 비행데이터들을 항공기 센서들로부터 직접 수집하거나 비행

3. 스케치 인터페이스를 이용한 항공기동 애니메이션

본 연구에서는 별도의 파라미터 입력 없이 사용자의 간단한 스케치 입력만으로 항공기 이동경로와 항공기동 애니메이션을 위한 3D 고도값을 얻어내는 기법을 제안하고 프로토타입 시스템을 개발하여 제안하는 기법을 검증한다.

아래 그림 4는 제안하는 시스템의 전반적인 구성도이다. 제안하는 시스템은 크게 세부분으로 나누어진다. 각 항공기의 객체별 단위경로를 스케치하는 부분, 그려진 항공경로를 3D 데이터로 변환하고 이를 항공경로로 변환하는 부분, 마지막으로 저장된 각각의 항공경로를 조합하여 통합된 애니메이션으로 전시하는 부분이다.

입력된 사용자의 스케치는 단위경로로 해석되고, 스케치 입력으로부터 불규칙적으로 생성된 포인트를 정렬하는 과정(Path be Uniformed), 포인트의 개수 조절 과정(Points Quantity Control), 제스처를 통

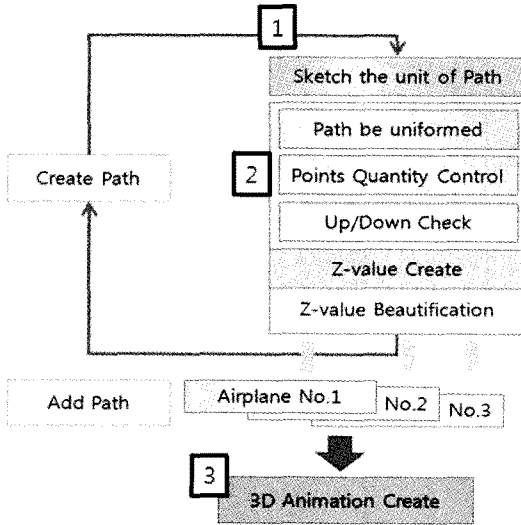


그림 4. 제안하는 시스템의 구성도

해 경로의 상승/하강 여부 결정 과정(Up/Down Check)을 거쳐 초기 항공경로를 생성한다. 위 과정을 수행한 후 시스템은 자동으로 고도값(Z-value)을 생성하게 된다. 생성된 고도값은 비행경로 사실화 과정을 수행한 후 최종 항공경로로 저장된다. 각 객체별 저장된 항공경로는 애니메이션 재현 시 별도의 타이밍 컨트롤 없이 바로 재생 가능하다.

3.1 사용자의 단위경로 스케치

제안하는 시스템의 첫 번째 작업은 사용자의 스케치 입력을 해석하는 것이다. 아래 그림 5는 사용자가 비행경로를 스케치하는 메인윈도우를 보여 준다. 입력창이 좌측에 위치하고, 입력에 필요한 버튼과 제어 값들이 우측에 위치한다. 입력을 마친 후 항공경로는 그림 5 우측과 같이 전시된다.

제안하는 시스템에서 사용자의 스케치 입력은 단

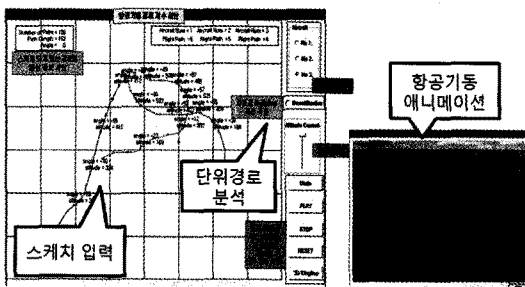


그림 5. 사용자 스케치 입력

위경로로 해석된다. 즉, 아래 그림 6에서 a는 주어진 시간동안 항공기가 도달할 수 있는 최대 절대거리를 의미한다. 예를 들어 주어진 시간이 5초라면 절대거리란 항공기가 5초 동안 450Knot의 속도로 비행한 최대거리라 정의한다. 만약 사용자의 스케치 입력 길이가 항공기 절대거리와 같다면 상승과 하강이 없는 평면 비행으로 해석하고, 입력 길이가 그보다 작다면 항공기 상승/하강 값이 적용된다. b는 스케치된 깃다면 비행경로를 의미하며, 상승/하강 각도(θ)는 스케치 입력을 이용한 이동거리(L)와 계산된 기준거리의 비율로 구해진다.

그림 7은 단위경로 스케치에 따른 3D 변환 결과의 예이다. 그림 7(b)의 경우 스케치된 경로가 절대거리를 넘어가게 되면, 절대거리에서 드로잉은 멈추고, 고도 변화 없이 수평비행 결과를 나타낸다. 그림 7(a), 그림 7(c)에 보여 지는 상승 또는 하강은 단위경로의 절대거리보다 비행경로가 짧을 때 발생한다. 즉, 짧은 드로잉은 항공기가 상승 또는 하강했음을 의미한다. 스케치 입력 시에는 상승각을 지속적으로 보여 줌으로써 현재의 스케치 상태에서의 상승 또는 하강 각을 파악할 수 있게 된다. 제안하는 인터페이스는

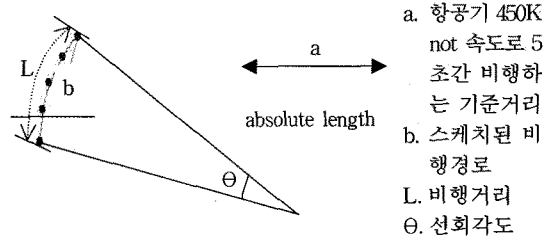


그림 6. 단위경로의 개념

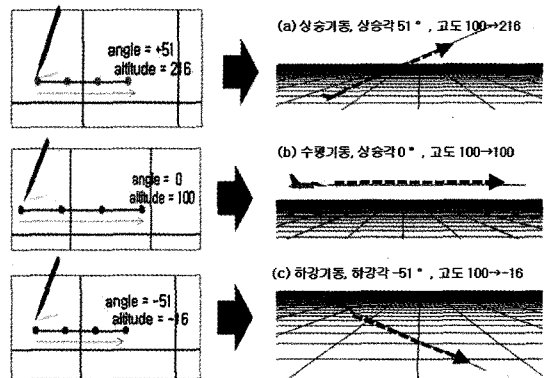


그림 7. 단위경로 스케치의 예

우선 모든 스케치를 상승으로 인식한 후, 마우스 우측키를 누르고 위 또는 아래의 제스처를 취하여 상승 또는 하강으로 변환하게 하는 것이다. 상승일 경우 경로의 컨트롤 포인트가 초록색, 하강일 경우는 보라색, 수평비행일 경우는 선분과 동일한 색으로 표현하여 사용자 인식이 쉽도록 하였다.

3.2 비행경로 사실화

제안하는 시스템은 임의로 입력된 비행경로를 좀더 사실적인 항공경로로 수정하기 위해 비행경로 사실화작업을 수행한다. 스케치 입력에만 의존하는 경우 아래 그림 8(b)와 같이 상승각 변화량에 따라 비현실적인 경로가 생성된다. 본 연구에서는 사실적인 비행 객체의 항공경로를 표현하기 위해 연속적인 고도값 포인트에 대한 B-Spline 함수 적용을 제안한다. 아래 그림 8(c)는 제안하는 수정 경로를 보여 준다.

실감나는 비행 애니메이션을 위한 사실적인 항공 경로 표현에는 영상기반 비행 정보 분석시스템에서 쓰이는 다양한 함수 적용이 필요하다. 여기에는 상승일 때와 하강일 때, AOA(Angle of Attack)와 보조날개 사용 등 항공 역학적인 비행특성과 중력가속도, 추력, 항력 등의 변화로 다양한 형태의 비행시간과 비행 거리를 제어할 수 있다. 본 연구에서는 복잡한 함수 구현을 모두 구현하지는 못하고 사실적인 비행 애니메이션 표현을 위하여 시간대비 거리를 조절하고 있다. 그림 9는 임의로 조작한 상승/하강각 고도조정 예를 보여주고 있다. 그림 9(a)는 기본으로 설정된 상태에서 1번 경로는 52도, 2번 경로는 49도로 상승하는 결과를 보여주고 있다. 여기서 고도는 218에서 332으로 변화되었다. 만약 그림 9(a)에서 항공기가 동일한 AOA를 가졌으나, 추력 부족으로 원하는 상승각을 얻지 못할 경우를 가정하면, 항공기는 동일한 시간동

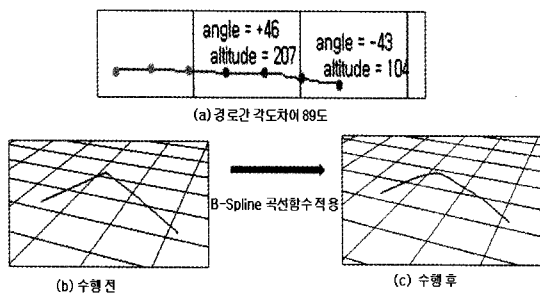


그림 8. 비행경로 사실화

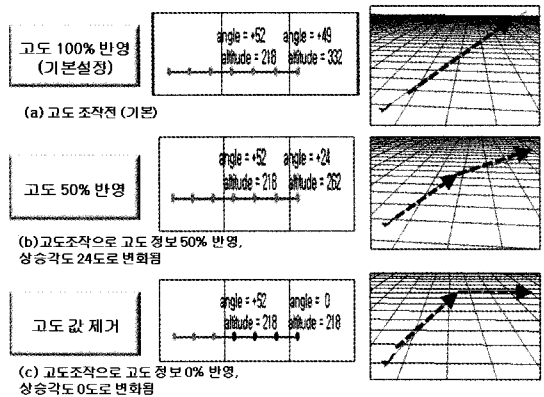


그림 9. 상승/하강 시 고도조정

안 낮은 상승각으로 부족한 거리를 비행 했을 것이다. 이는 상승각의 변화로 표현할 수 있는데, 그림 9(b) 그림을 보면 고도 조정(Altitude Control)을 절반으로 낮추었다. 이는 전체 상승각을 비율만큼 조정하는 것으로, 약 50%의 상승각을 반영하고 있다. 결과는 그림 9(b)에서 보듯이 상승각이 그림 9(a)의 49도에서 그림 9(b)의 24도로 줄어들었고, 그에 따른 고도는 그림 9(a)의 332에서 그림 9(b)의 262로 줄어들었다. 그림 9(c)에서 처럼 고도 조정을 최소화 하면, 고도값이 전혀 반영되지 않는 것으로 상승각도는 0, 고도는 변화 없이 수평 비행한 결과를 나타낸다. 이러한 고도조정 기능은 사실감 있는 애니메이션 제작을 위해 제안된 방법이다.

3.3 비행경로 애니메이션

제안하는 시스템은 스케치 입력과 동시에 애니메이션이 가능하다. 항공기동 애니메이션은 항공기들의 비행경로와 상승 및 하강에 대한 고도값을 기준으로 전시되며, 구현은 OpenGL을 사용하였다. 아래 그림 10은 스케치 입력된 항공기동을 시간단위별로 보여준다. Red(1번) Blue(2번) 항공기는 3개의 경로(①, ②, ③)를 갖고 있고, Black(3번) 항공기는 2개의 경로(①, ②)를 가지고 있다. 애니메이션 생성은 각 항공기 경로의 첫 번째(①) 경로부터 마지막 경로(③)까지 순서대로 진행된다. ①, ②번 경로가 애니메이션 될 때에는 3대의 항공기가 동시에 전시되지만, ③번 경로가 애니메이션 될 때는 2개의 경로를 보유한 Black(3번) 항공기는 애니메이션이 수행되지 않는다. 동일 시간에 애니메이션을 시작해도 끝날 때는 2개의 경로

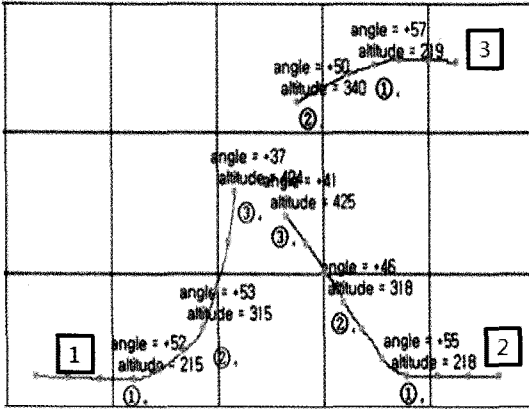


그림 10. 애니메이션 생성순서

를 갖고 있는 Black(3번) 항공기의 기동이 먼저 끝나고, Red(1번)과 Blue(2번) 항공기는 한번 더 기동을 수행한 후 끝나게 된다. 이처럼 단위경로를 기준으로 애니메이션을 순차적으로 수행할 경우 시간동기화와 타이밍조절 문제가 자연스럽게 해결될 수 있다.

아래 그림 11은 제안하는 시스템으로 3D 애니메이션 예를 보여준다. 그림 11(a)는 항공기 1대에 대한 “임펄만 턴”을 표현한 것으로 총 10개의 스케치가 사용되었고, 그림 11(b)는 항공기 2대에 대한 “하이 G 배럴 롤 오버 더 톱” 기동을 표현한 것으로 항공기별 6개씩의 경로가 스케치 되었다. 그림 11(c)는 항공기 2대에 대한 “다이빙 스파이럴” 기동을 표현 한 것으로 고도 상승을 위해 사용된 8개의 경로를 제외하고 다이빙을 위한 경로는 항공기별 6개씩 스케치 하였다.

4. 실험 및 평가

본 연구의 실험은 두 가지로 진행되었다. 첫 번째 실험에서, K-Sketch 시스템과 제안된 시스템을 이용해 항공기동 샘플을 스케치하도록 하고 그 결과를 평가하였다. 두 번째 실험에서, 실험자들에게 제안하는 시스템을 사용하게 한 후 3D 애니메이션 제작시의 정확도, 편의성, 실제 사용가능성 등을 설문조사(표 2)하였다. 본 실험에 참여한 평가자는 공군 전투기 조종사 5명과 비조종사 5명이었으며, 실험자들에게 두 종류의 항공기 기동을 제시하고, 동일한 기동을 주어진 시스템을 이용하여 제작토록 하였다. 실험은 총 2회에 걸쳐 수행되었다. 먼저 시스템에 대한 사용법을 간단하게 5분정도 설명하였고, 시스템 적용시간을 5

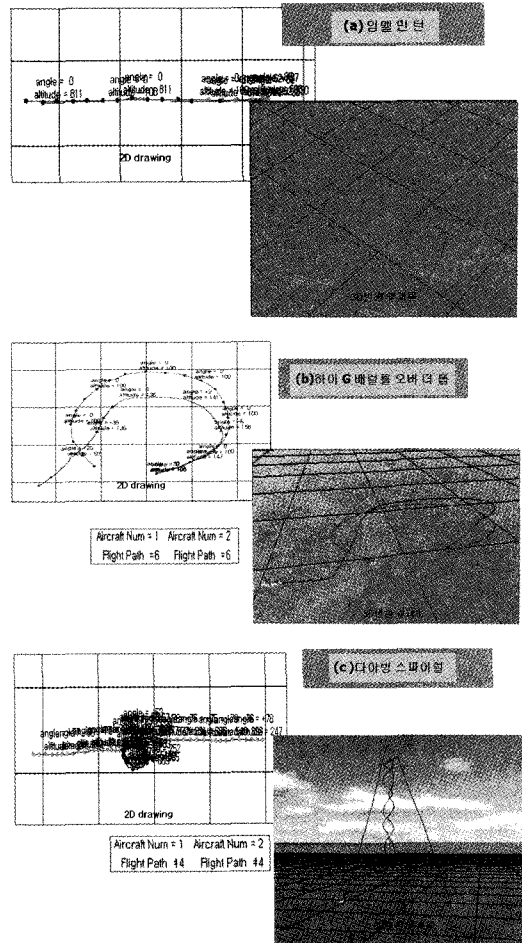


그림 11. 항공경로 애니메이션 생성 결과

표 2. 사용자 평가 항목

구분	평가 항목	만족도 (10점 만점 기준)
인터페이스	1. 스케치를 통한 비행경로 드로잉이 편리한가?	
	2. 스케치에 대한 3D 변환을 쉽게 예상할 수 있었는가?	
정확성	3. 2D 스케치로 원하는 3D 경로를 쉽게 만들 수 있는가?	
	4. 3D 비행경로의 정확도는 만족하는가?	
	5. 3D 애니메이션의 표현이 직관적인가?	
필요성	6. 기동도해도를 대체하는데 문제는 없는가?	
	7. 항공기동 애니메이션 제작에 유용한 시스템인가?	
만족도	8. 전체적인 만족도는 어떠한가?	

분간 더 주었다. 아래 그림 12는 실험에 사용된 제시된 항공기동 샘플이다.

첫 번째 실험에서 K-Sketch 시스템은 3차원 데이터 입력과 애니메이션이 불가능한 시스템이므로 높은 상공에서 비행객체를 관찰한다고 가정하고, Z좌표를 제외한 2차원 경로만을 그리도록 요구하였다. 두 시스템의 평가 방법은 참가자들이 항공기동 샘플을 제작하는데 걸리는 시간과 애니메이션 결과물의 유용성 여부를 항공전문 교관이 성공/실패로 판단하여 평가하였다. 아래 표 3은 첫 번째 실험에서 'The Vertical Scissors' 항공기동에 대한 결과이다. 실험 결과는 분산 분석 방법을 이용하여 분석하였고 p=0.05 수준에서 K-Sketch 시스템과 제안된 시스템 사이에 차이가 있음을 밝혔다. 제안된 시스템에서 작성된 애니메이션의 유용성도 85% 이상의 성공률을 보였다.

실험에서 대다수의 실험자들은 비행경로를 도식할 때, 3D 결과창을 확인하지 않고, 마우스 움직임에 민감하게 반응하여 드로잉 하는 경향이 있었다. 본 시스템에서는 한 번의 마우스 움직임으로 항공기의 이

동과 상승/하강각도를 표현해야 하기 때문에 초보자에게 스케치 작업 시 2가지의 정보를 모두 확인할 것을 요구하는 것은 힘든 작업이었다. 시스템 적응 시간을 가졌음에도 불구하고, 일부 실험자는 의도하는 결과물을 만들어 내지 못하였다. 하지만 대부분의 실험자들은 결과물을 완성하기까지 고작 5~6분정도가 걸렸다.

실험자들의 실수들과 문제점들을 종합하면 첫 번째는 상승과 하강에 대한 표현 방법이 개선되어야 한다. 두 번째는 단위경로 드로잉에 대한 불편함이다. 단위경로가 길어지면 그만큼 상승각도가 작아짐을 알고 있음에도 이동경로를 신경 써서 드로잉 하다 보니, 각도 설정에 실패하는 경우가 많이 발생하였다. 전체적인 실험결과 대부분의 실험자들은 단위경로 스케치 기법을 잘 이해하며, 초기 사용법 적응 단계를 거치게 되면 제안하는 시스템을 이용해 쉽게 항공경로를 제작하고 교육할 수 있었다.

그림 13은 두 번째 설문조사 결과 그래프이다. 전체적으로 보면, 유용성과 만족도 부분만 8점이 넘고 나머지 부분은 비슷하게 나타났다. 가장 낮은 점수를 받은 것은 드로잉 편리성 부분으로, 그 이유는 스케치시 이동경로와 경로길이(각도)를 동시에 확인해야 하는 어려움 때문인 것으로 나타났으나, 이는 초보자가 느낄 수 있는 어려움으로 최소의 작업으로 결과를 제작하는 본 시스템의 특성상 경험과 스케치시의 집중으로 해결 가능할 것으로 판단된다. 실제로 몇몇 집중력이 높은 평가자는 상기의 문제를 전혀 느끼지 못하고 있었다. 스케치 경로의 3D 변환 알고리즘과 애니메

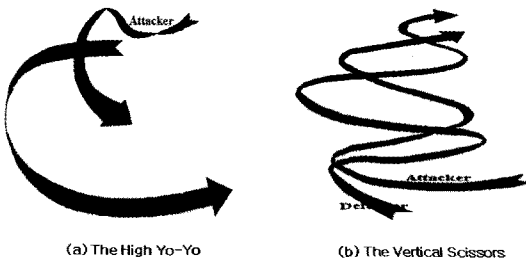


그림 12. 실험에 사용된 항공기동 샘플

표 3. 실험 결과실험

실험	K-Sketch		제안된 시스템		K-Sketch		제안된 시스템	
	시간(초)	성공유무	시간(초)	성공유무	시간(초)	성공유무	시간(초)	성공유무
1	638	×	390	○	610	×	370	○
2	583	○	356	○	580	○	343	○
3	612	×	385	○	601	×	377	○
4	594	×	400	○	580	×	360	○
5	654	○	402	○	590	×	408	○
6	674	○	412	○	623	○	401	×
7	693	○	398	○	644	○	372	○
8	624	×	430	×	604	×	410	○
9	590	○	387	○	589	○	376	×
10	574	○	480	○	588	○	420	○

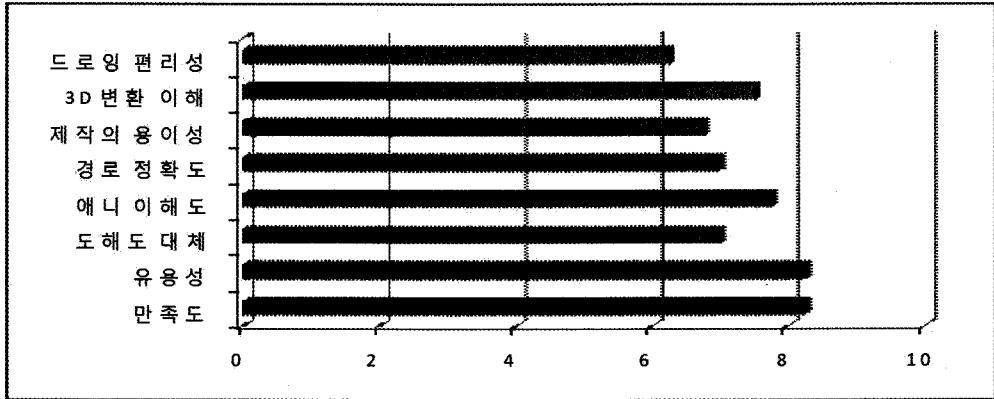


그림 13. 사용자 평가결과

이션은 사용자에게 쉽게 이해되는 것으로 나타났다.

5. 결 론

항공기 및 기타 비행체의 항공기동을 교육하기 위해서는 3D 애니메이션이 가장 좋은 방법이다. 하지만 3D 애니메이션의 제작은 전문가 집단에 한정적으로 사용되고 있다. 기존 복잡한 프레임기반의 애니메이션 툴이나 값비싼 항공기 시뮬레이션 시스템을 구입하여 제작할 수밖에 없었다. 더욱이 3D 항공 애니메이션을 제작하는 데에는 많은 시간과 노력이 필요하며 애니메이션에 대한 지식이 없는 초보자의 경우 불가능하다. 본 연구에서 제안하는 시스템은 간단한 사용자 스케치를 이용해 항공기동 애니메이션을 손쉽게 제작할 수 있도록 한다. 제안하는 학습 시스템을 이용하여 항공기동에 대한 사전 시뮬레이션이 가능하며 전투기 조종사 훈련이나 대규모 비행 애니메이션 제작이 가능하다.

본 연구에서 제시하는 단위경로 스케치 기법은 항공기동을 위한 추가 파라미터 입력이 필요치 않고 사용자가 마우스 또는 Tablet을 이용해 비행경로를 간단히 스케치 하면, 스케치된 길이를 기준으로 절대경로와의 길이 차이를 비교하여 비행경로를 3D로 변환하는 방법이다. 이는 정확하지는 않지만 다수의 항공기에 대해 쉽고 빠르게 3D 항공기동을 표현하고 애니메이션으로 제작할 수 있다는 장점이 있다.

사용자 평가를 통해 확인하였듯이 제안하는 단위 경로 기법은 대부분의 사용자가 쉽게 3D 결과물을 예상할 수 있는 효과적인 기법으로, Motion by Example

방법에서 발생하는 시간제어의 어려움과 낮은 정밀도의 단점을 해결할 수 있었다. 향후 연구로는 항공기별의 비행제원 선택을 지원해야하며 더욱 정밀한 비행경로 수정 방법을 추가해야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Pete Bonanni, *The Art of the Kill : A Comprehensive Guide to Modern Air Combat*, Spectrum HoloByte, 1993.
- [2] Fei, G.a, Lee, W.-S.b, Xin, Z.c, and Joslin, C.d, "3D animation creation using space canvases for free-hand drawing," *Proceedings of The 7th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry*, Article no. 12, 2008.
- [3] Rogers, B., "Living Ink: Implementation of a Prototype Sketching Language for Real Time Authoring of Animated Line Drawings," *In Proc. Eurographics 2006 Workshop on Sketch-based Interfaces and Modeling*, pp. 115-122, 2006.
- [4] Karpenko, O. A., and Hughes, J. F., "Free-form shapes from complex sketches," *ACM Transactions on Graphics 25*, pp. 589-598, 2006.
- [5] T. Moscovich, "Animation Sketching: An Approach to Accessible Animation," *Brown University CS Department Technical Reports: CS04-03*, 2004.

- [6] Richard C. Davis, Brien Colwell, and James A. Landay, "K-Sketch: A Kinetic Sketch Pad for Novice Animators," In CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI Conference on Human factors in computing systems, pp. 413-422, 2008.
- [7] Moscovich and J. Hughes, "Animation sketching: An approach to accessible animation," Unpublished Master's Thesis, C. S. Department, Brown University, 2001.
- [8] G Wu, D Wang, and G Dai, "TS-Animation : A Track-Based Sketching Animation System," *Lecture Notes In Computer Science*, vol. 5093, pp. 581-592, 2008.
- [9] R. Azuma, H. Nelly III, M. Daily, and R. Geiss, "Visualization Tools for free flight Air-Traffic Management," *IEEE Computer Graphics and Applicaitons*, vol. 20, pp. 32-36, 2000.
- [10] Lange, M., Hjalmarsson, J., Cooper, M., Ynnerman, A., and Duong, V., "3D Visualization and 3D and Voice Interaction on Air Traffic Management," In Proceedings of the Annual SIGRAD Conference, special theme Real Time Simulations, pp. 17-22, 2003.
- [11] 김홍대, "3차원 비행궤적 구현에 따른 데이터 보정기법 연구," 한밭대학교 석사논문, pp. 1-5, 2004. 8.
- [12] 김성남, 최종인, 김창현, 임철수, "공중작전 상황 인식을 위한 3차원 가시화," 정보과학회논문지, 제32권, 제6호, pp. 314-323, 2005. 6.



김 상 진

1998년 공군사관학교 학사
 2007년 연세대학원 컴퓨터과학과 석사
 관심분야: 3D 애니메이션 시스템, 스케치기반 인터페이스, 정보시각화



박 태 진

1993년 연세대학교 컴퓨터과학과 학사
 1995년 연세대학교 컴퓨터과학과 석사
 2005년 LG전자 DTV연구소 책임연구원
 2006년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정
 관심분야: DTV, 멀티미디어 시스템, 스케치기반 인터페이스, 정보시각화



최 윤 철

1973년 서울대학교 학사
 1975년 Univ. of Pittsburgh 석사
 1976년 Univ. of California, Berkeley 석사
 1979년 Univ. of California, Berkeley 박사.
 1984년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 교수
 관심분야: 컴퓨터 그래픽스, 스케치기반 인터페이스, 멀티미디어 문서처리