

UAV를 위한 이산사건 및 연속시간 시스템간의 연동 모델링에 대한 연구

강광천*, 지승도*

A study on the modeling between Discrete event system and continuous-time system

KwangChun Kang*, SungDo Chi*

Abstract

UAV(Unmanned Air Vehicle) 시스템은 새로운 알고리즘과 소프트웨어 디자인에 바탕을 두고 빠르게 발전하고 있다. 그러나, 일반적으로 쓰이고 있는 전자공학적인 제어 시스템은 개발의 복잡성과 그에 따른 비용증대에 대한 문제점을 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 연속시간 시스템으로 표현되는 비행기 모델과 이의 효과적인 제어를 위해 이산사건 시스템으로 표현되는 조종사 모델간의 연동을 제안한다. 전자공학적인 모델인 연속 시스템은 자세한 표현력을 바탕으로 정량적이고 정확한 비행기 모델을 표현할 수 있으며, 제어 모델인 이산사건 시스템은 각 사건과 시스템의 상태에 따른 정성적인 행동제어를 가능하게 한다. 본 연구는 한국항공대학교에서 개발한 이산사건 시뮬레이터인 DEJAVA(DEVS Java)와 연속시간시뮬레이터인 MATLAB 시뮬레이터 환경을 바탕으로, NASA에서 개발된 HL20 비행시뮬레이터와 조종사 모델을 위한 지능제어시스템 개념을 사용하여 구현되었다.

Key Words: UAV, DEVS, MATLAB, Hybrid

* 한국항공대학교

1. 서론

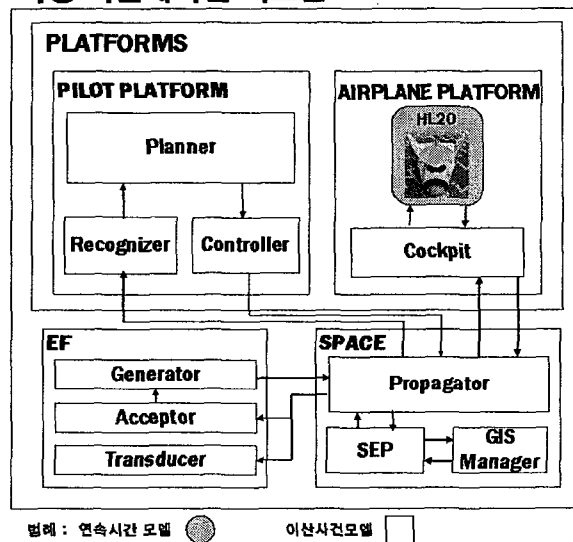
항공기 개발에 있어서 전자기기와 비행 시스템 소프트웨어 분야는 커다란 위치를 차지하고 있다. 특히, UAV(Unmanned Air Vehicle) 시스템은 조종사 양성에 필요한 전문학적인 비용에 대한 보완책으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 하지만, 빠르게 발전하고 있는 항공기 내 하드웨어 기능과 새로운 기술 시스템들의 도입으로 인해 기존의 전자공학적인 제어 시스템의 개발은 복잡성과 그에 따른 비용 증대에 대한 문제점을 가지고 있다[1]. 또한, 항공기 내의 소프트웨어 개발은 비용 문제뿐만 아니라, 빠른 속도의 개발과 함께 향후 스펙의 변화에 대한 대처능력을 요구하고 있다.

항공 시뮬레이션에서의 항공기 모델은 연속시간시스템으로 표현된다. 연속시간시스템은 시간 변수가 연속이고 상태 변수가 연속인 아날로그 회로와 같은 시스템을 의미하는데, 항공기 모델은 기체의 움직임과 환경모델, 물리적인 힘(force)과 모멘트(moment)와 같은 연속적인 시스템의 조합으로 이루어진다[2]. 이산사건시스템모델링은 시간변수가 연속이고 상태변수는 이산적인 영역을 지칭하며, DEVS(Discrete Event Systems Specification)형식론을 통해 컴퓨터 네트워크, 공장자동화, 지능로봇 시스템, 교통망 모델링 등 여러 분야에 적용된 바 있다. 본 논문에서는 위와 같이 연속시간시스템으로 표현되는 비행기모델을 효과적으로 제어하기 위하여 이산사건 시스템으로 표현되는 조종사 모델을 이용한 제어 시스템을 제안한다. 또한, 연속시간 시뮬레이터인 HL20 비행 시뮬레이터와 DEVS 지능제어시스템을 연동하여 이를 구현하였다.

2. UAV 비행 시뮬레이션 시스템 구성

본 논문에서 제안된 UAV 비행시뮬레이션 시스템은 그림 1과 같이 DEVS 형식론을 통한 이산사건 시뮬레이션 환경으로 구성된다. 시스템은 크게 4개의 모델로 구성되는데, 모델의 평가를 위한 EF(Experimental Frame) 모델과 함께, 객체를 표현하기 위한 PILOT, AIRPLANE, 전체시뮬레이션과 지형정보를 관리하기 위한 SPACE 모델로 구성된다.[5]

비행 시뮬레이션 시스템



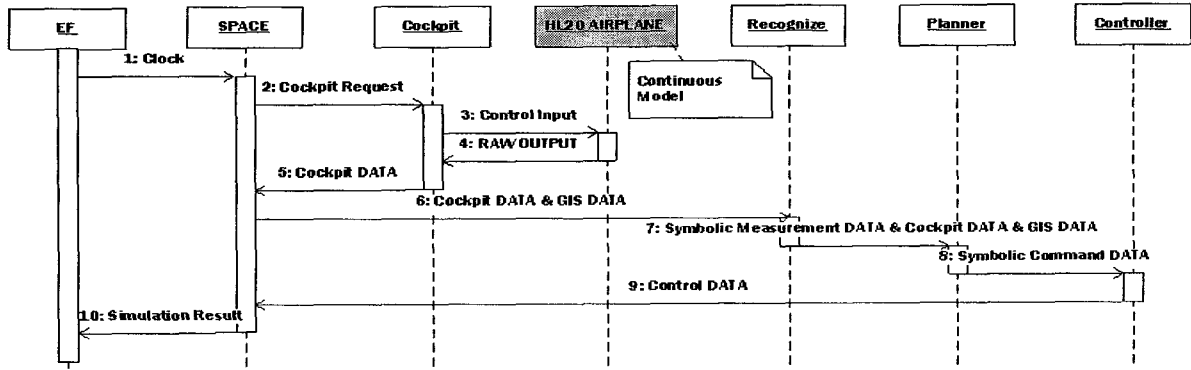
범례 : 연속시간 모델 ● 이산사건모델 □

<그림 1> UAV 비행 시뮬레이션 시스템 구성도

비행 시뮬레이션 시스템의 PILOT 모델은 이산사건모델이며, AIRPLANE 모델 내부의 HL20 모델은 연속시간모델이다. 두 모델을 연동하기 위해서는 각 시스템 시간의 동기화와 데이터 교환이 필요한데[3], 이는 그림2와 같

이 이루어진다. (1) EF로부터 발생된 시간축은 SPACE로 전달된다. (2) SPACE는 이전시간축에서 결정된 의사결정을 Cockpit에 전달하며, (3) 연속시간모델인 AIRPLANE을 일정시간동

학, 기계공학등)에 걸쳐서 연속모델 라이브러리를 제공한다.[3] DEJAVA는 DEVS 모델 개발과 이의 시뮬레이션을 지원하는 추상 시뮬레이션 알고리즘을 JAVA 언어로 구현한 것으



<그림 2> UAV 비행 시뮬레이션 데이터흐름 순차 다이어그램

안 동작시키고, (4) 현재 고도나 각도 등의 계기데이터를 계측하여 (5) Cockpit을 통해 전달 받는다. (6) 이 데이터는 지형정보와 함께 (7) Recognizer에 전달되며, “받음각(AoA)가 높다”와 같은 기호적인 판단 정보와 함께, (8) Planner에 전달된다. Planner는 규칙기반시스템을 통해 “받음각(AoA)을 낮추고, 왼쪽으로 급선회하라”와 같은 기호적인 의사결정을 내리고, 이를 Controller에 전달한다. (9) Controller는 다음 시간축에서 하드웨어적인 비행기 모델의 제어를 위하여 받음각(AoA)과 옆미끄럼각(AoS)의 수치를 결정하고, (10) 현재 시뮬레이션의 관측데이터를 EF에 전달한다.

로서, 이산 사건시스템을 객체지향적인 관점에서 계층적으로 모듈화하여 모델링할 수 있는 환경을 제공한다. 또한, MATLAB과 DEJAVA를 연동하기 위해 두 시뮬레이터를 동기화하고, 데이터를 교환하는 일이 가능해야 하는데, 이는 Java 언어 인터페이스를 통해 외부 프로그램에서 MATLAB 시뮬레이션을 구동하는 JMatLink[4] 모듈을 이용하여 구현되었다.

3. UAV 비행 시뮬레이션 모델 구성

3.1 AIRPLANE 모델

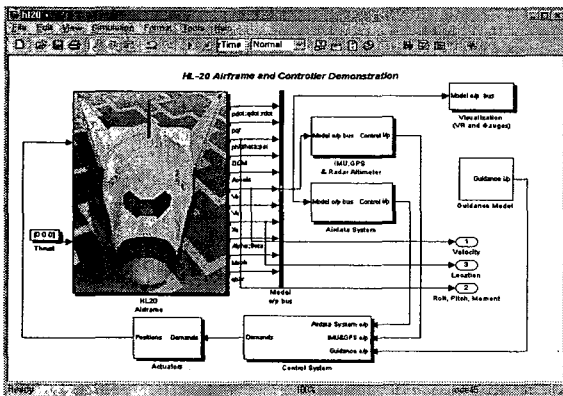
AIRPLANE 모델은 비행기의 움직임과 연속 시뮬레이터와의 연동을 담당하는 모델로서, 연속시뮬레이터인 HL20 모델과 제어를 담당하는 Cockpit모델로 구성되어 있다.

HL20: HL20은 1989년 이후 NASA에서 진

본 연구에서는, 비행기를 위한 연속시간시뮬레이터로 MATLAB을 이산 사건 모델의 시뮬레이터로 한국항공대학교에서 개발한 DEJAVA(DEVS Java)를 사용하였다. MATLAB은 공학분야에서 가장 많이 쓰이는 시뮬레이터 중 하나로서 다양한 응용분야(예: 전자공

행되고 있는 프로젝트로서, 10명 내외의 인원과 물품을 운반하기 위한 PLS(Personal Launch System) 컨셉트 항공기이다[2]. HL20 항공기 모델 시뮬레이터는 MATLAB 환경에서 구동되며, 그림 3과 같이 받음각(AoA)과 옆미끄럼각(AoS)을 입력값으로, 위치정보(Location), 속도정보(Velocity), 회전각(Roll, Pitch, Moment)를 출력값으로 가진다[2][6].

Cockpit: Cockpit은 조종실 모델로서, Controller로부터 온 데이터를 HL20 모델에 전달하고 일정시간동안 HL20 AIRPLANE 모델을 구동하게 되며, SPACE모델로 비행기의 관측된 데이터를 보낸다.



<그림3> HL20 비행 시뮬레이터 모델

3.2 PILOT 모델

PILOT 모델은 비행기의 현재 상황을 판단하고, 그에 따른 의사결정을 수행하여 SPACE 모델에 전달하는 모델로서, 비행기에 대한 관측을 수행하는 Recognizer, 비행기의 움직임을 결정하는 Planner, 의사결정정보를 비행기 제어 데이터로 변환하는 Controller가 있다.

Recognizer: Recognizer 모델은 비행기의 관측된 데이터와 지형데이터를 받아서, 이에 대한 판단정보와 함께 Planner모델로 전달한다. 예를 들면 비행기의 받음각(AoA)이 너무 높다면 "받음각이 너무 높음"이라는 기호적 메시지를 Planner 모델로 전달한다.

Planner: Planner 모델은 Recognizer 모델로부터 받은 데이터를 바탕으로 비행기의 움직임을 결정한다. 의사결정은 규칙기반시스템에 의해서 이루어지며, 결과는 Controller 모델로 전달된다.

Controller: Controller 모델은 Planner 모델로부터 전달받은 의사결정정보를 SPACE모델로 전달한다. 또한, Planner 모델로부터 전달받은 "왼쪽으로 움직여라, 비행기의 각도를 낮추어라."라는 기호적 메시지를 수치 데이터로 변환하여 전달한다.

3.3 SPACE 모델

SPACE 모델은 전체 시뮬레이션 모델을 관리하고, 지형정보를 관리하는 모델로서, 전체를 관리하는 Propagator, 모델의 위치정보와 연결정보를 관리하는 SEP, 지형정보를 관리하는 GIS Manager로 구성된다.[5]

Propagator: SPACE모델을 관리하며, 외부와의 통신과 시간의 동기화를 담당한다. SEP에게 비행기의 정보를 전달하고 지형정보를 요청하여 Cockpit에서 받은 비행기의 관측된 데이터를 지형데이터와 함께 PILOT 내부의 Recognizer에 전달하고, Controller에서 받은 제어정보를 바탕으로 AIRPLANE 내부의 Cockpit에 제어 요청을 전달한다.

SEP(Spatial Encounter Predictor): SEP는

비행기 모델의 연결정보와 위치정보를 저장하며, GIS MANAGER에 지형 정보를 요청하여 전달한다.

GIS Manager: GIS MANAGER은 지형정보(예:위험지역)를 가지고 있으며, 이를 SEP에 전달한다.

3.4 EF 모델

EF(Experimental Frame)는 시뮬레이션 모델의 평가를 위한 기반 환경을 제공하는 모델로서, 모델에 입력을 제공하는 Generator, 모델의 출력을 분석하는 Transducer, 모델의 시작과 종료를 제어하는 Acceptor로 구성된다.

Generator: 모델에 입력을 제공하는 모델로서나리오의 초기화와 논리적 시간축을 발생시킨다.

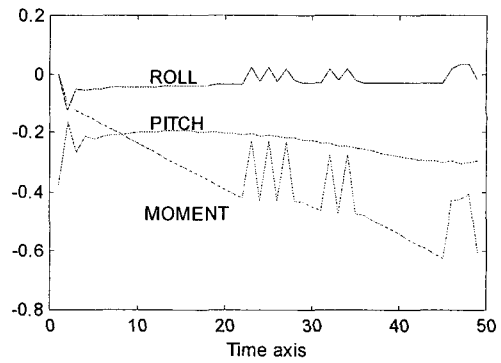
Transducer: 모델의 출력을 분석하는 모델로서, 모델의 움직임에 따른 시뮬레이션 결과를 받고 이를 분석한다.

Acceptor: 모델의 시작과 종료를 제어하는 모델로서 일정한 조건이 만족되거나 시뮬레이션시간이 지나게 시뮬레이션을 종료한다.

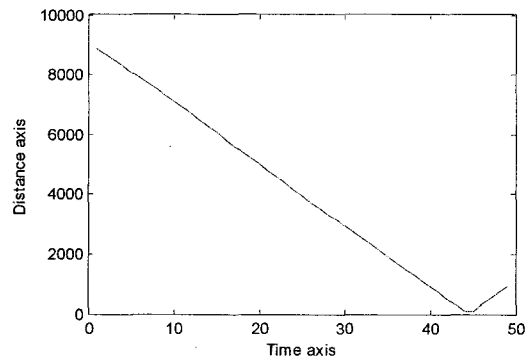
4. 사례 연구

본 절에서는 제안된 UAV 비행 시뮬레이션을 수행하고 이를 검증하였다. UAV 비행시뮬레이션을 위한 초기조건으로는 좌표 [-12000, 0]에서 목표좌표 [-5000, -2000]로 이동을 설정하였고, 50초 동안 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 4는 시간에 따른 회전각의 변화(Roll, Pitch, Moment)를, 그림 5는 목적지까지의 거리 변화를 나타내며, 그림 6은 UAV

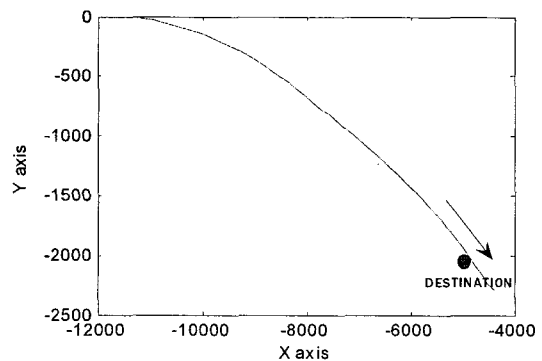
비행시뮬레이션의 이동경로를 나타낸다. 위 실험을 통해, UAV 비행시뮬레이터가 PILOT 이산사건 모델 및 PILOT 연속시간 모델간의 연동에 의해 성공적으로 동작하는 것을 볼 수 있다.



<그림 4> UAV 비행시뮬레이터의 회전각 변화



<그림5> 목적지까지의 거리 변화



<그림6> UAV 비행시뮬레이터의 이동 경로

5. 결론 및 향후연구

연속시스템은 자세한 표현력을 바탕으로 정량적이고 정확한 비행기 모델을 표현할 수 있으며, 제어 모델인 이산 사건 시스템은 각 사건과 시스템의 상태에 따른 정성적인 행동제어를 가능하게 한다. 본 논문에서는 연속시간 시스템으로 표현되는 비행기 모델의 효과적인 제어를 위하여 이산사건시스템으로 표현되는 조종사 모델간의 연동 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 기존의 복잡한 전자공학적인 제어시스템의 대안으로서 활용이 가능할 뿐만 아니라, DEVS 기반 모델링을 통한 확장성과 유연성을 가지고 있다. 향후 연구로 비행기의 움직임을 다양화하고, 상황에 따른 비행기의 효과적이고 능동적인 제어를 위한 연구가 필요하다.

6. 참고문헌

- [1] R A Hyde, "FOSTERING INNOVATION IN DESIGN AND REDUCING IMPLEMENTATION COSTS BY USING GRAPHICAL TOOLS FOR FUNCTIONAL SPECIFICATION", AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference and Exhibit 5-8, August 2002
- [2] "Aerospace Blockset". The MathWorks, Inc., 3 Apple Hill Drive, Natick, MA 01760-2098, April 2002.
- [3] 임성용, 김탁곤, "하이브리드 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 한국시뮬레이션학회지, 2001.9
- [4] <http://www.held-mueller.de/JMatLink/>
- [5] Steven B.Hall, P. Zeigler, "Joint

MEASURE : Distributed Simulation Issues In a Mission Effectiveness Analytic Simulator", 1999 Fall Simulation Interoperability Workshop. September 12-17, 1999

- [6] Jackson E. B., Cruz C. L., "Preliminary Subsonic Aerodynamic Model for Simulation Studies of the HL-20 Lifting Body", NASA TM4302, August 1992.