

M&S 기반의 항공기 운용합정 임무효과도 분석 방법 연구

김준형[†]

The Study on Analysis Method of Mission Effectiveness of Aircraft carrier based on M&S

Jun Hyeong Kim[†]

ABSTRACT

In this paper, we model the operation and control procedure of the ship's aviation operational resources and study a technique to derive the sortie generation rate as a ship mission effect.

The dispatch of a ship's fleet consists of the process of monitoring and controlling the ship's main resources in real time and performing procedures for operating the ship's fleet for air operational missions. The operation results for these aviation operational resources can be expressed by the Sortie generation rate, which is the number of aircraft on board. A simulator capable of operating and controlling aviation operational resources was constructed by identifying performance parameters for each ship's resources related to the performance of aviation operational missions and modeling major functions. In addition, analysis techniques and analysis devices were presented to derive the sortie generation rate of aircraft carriers. The validity of the proposed method was verified by deriving the Sortie generation rate through experiments using simulators and analysis devices.

Key words : Sortie, Modeling, Simulation, Measures of Effectiveness, Measures of Performance

요약

본 논문에서는 합정의 항공작전자원 운용통제 절차를 모델링하고 임무효과로써의 소터 생성률을 도출하기 위한 기법을 연구하였다. 합정에서의 합재기 출격은 항공작전 임무를 위해 함내 주요 자원을 실시간으로 감시 및 통제하고 합재기를 운용하는 절차 수행의 과정으로 이루어진다. 이러한 항공작전자원에 대한 운용결과는 합재기 출격 회수인 소터 생성률로 나타낼 수 있다. 항공작전 임무 수행과 관련된 함내 자원별 성능 파라미터를 식별하고, 주요 기능을 모델링하여 항공작전자원 운용통제가 가능한 시뮬레이터를 구성하였다. 그리고 항공모함의 소터 생성률 도출을 위한 분석기법 및 분석장치를 제시하였다. 시뮬레이터 및 분석장치를 이용한 실험을 통해 소터 생성률을 도출함으로써 제안한 방안의 타당성을 검증하였다.

주요어 : 소터, 모델링, 시뮬레이션, 효과도, 성능치

1. 서론

2020 국방백서에 의하면 북한은 재래식 전력을 이용하여 한반도 전역을 공격할 수 있고, 탄도탄 등 비대칭 전력인 핵과 WMD, ICBM 개발에 집중하고 있다. 한반

도의 군사적 긴장은 북한 비핵화 등을 통해 실질적인 위협이 감소될 때까지 지속될 것이다. 한편, 주변국과의 마찰도 과거에 비해 증가하였다. 동북아 역내 국가간 상호 교류가 증대됨에도 불구하고 민족, 영토, 자원, 역사 등의 갈등 요인이 상존하고 있다. 특히, 도서 영유권, 배타적경제수역(EEZ) 및 방공식별구역(ADIZ) 획정, 조업 및 자원개발 문제는 국가간 갈등요인으로 작용하고 있다¹⁾.




이와 같이 국내 안보환경의 불안정성과 불확실성이 증대되고 있는 상황에서 해양안보는 국가안보의 중요한 핵심축이며, 국익과 직결된 해상교통로를 보호할 수 있도록

Received: 9 January 2023, Revised: 1 April 2023,
Accepted: 3 April 2023

[†] Corresponding Author: Jun Hyeong Kim
E-mail: jh_neo.kim@hanwha.com
Naval R&D Center, Hanwha System

면 바다에까지 전력을 투사할 수 있는 항공모함과 같은 해군력을 보유할 필요가 있다. 현재 미국을 비롯한 영국, 중국, 러시아, 프랑스, 인도, 이탈리아, 태국 등 총 8개국이 항공모함을 보유 중이다. 또한, 경항공모함급인 상륙강습함(2만톤급)을 운용하거나 운용 예정인 국가는 스페인, 호주, 일본, 터키 4개국이다²⁾. 톤수에 따른 항공모함 분류 및 국가별 항공모함 보유현황은 Table 1과 같다.

Table 1. Classification and number of aircraft carriers

Classification	Light-sized aircraft carrier	Medium-sized aircraft carrier	Large-sized aircraft carrier
Appearance			
Displacement	10,000 ~30,000 tons	40,000 ~70,000 tons	80,000 ~100,000 tons
Aircraft carried	10~20	30~40	50~80
Major carrier class	Cavour-class(IT) Ckri Naruebet-class(TH)	Queen Elizabeth-class(UK) Liaoning-class(CN)	Nimitz-class(US) Gerald R. Ford-class(US)
Status of aircraft carriers owned by Country	<ul style="list-style-type: none"> • U.S.A 10 • Italy 2 • Thailand 1 • Japan 2* 	<ul style="list-style-type: none"> • United kingdom 2 • China 2 • Russia 1 • France 1 • India 1 	<ul style="list-style-type: none"> • U.S.A 11

* Izumo-class are being converted into Light-sized aircraft carrier

국내에서 경항공모함의 필요성은 1990년대부터 본격적으로 논의되기 시작하였고³⁾ 방위사업청의 사업추진 기본전략 수립, 기획재정부의 사업타당성 조사 등 사전 준비과정을 거쳐 '21-'25 국방중기계획에 의거, 2021년 기본설계 착수, 2030년 초에 전력화를 목표로 항공모함 도입이 확정되었다⁴⁾. 이에 따라 정부 및 군에서는 경항공모함 핵심기술 확보를 위한 노력으로 선도형 기술과제를 진행하고 있다. 한국기체연구원은 한국형 항공모함 건조에 필요한 핵심기술로 소티 생성물 산출 기술, 무장/탄약 이송체계 최적 설계 기술, 함재기 이착함 시뮬레이션 기술, 비행갑판 유동분포 해석기술, 비행갑판의 코팅재 배치 최적화 및 열해석 기술, 비행갑판-격납고 화재 및 함재기 충돌 해석기술을 제시하였다⁵⁾.

상기한 기술과 더불어, 항공작전 임무/자원 운용통제 프로세스(운용통제 프로세스)에 대한 설계도 중요하다. 왜냐하면, 운용통제 프로세스는 항공모함 관제소로 하여금 함내 항공작전자원을 감시 및 스케줄링하여 함재기 비행준비(갑판이동/주유/무장탑재) 절차 및 이착함을 통제하고 운용하게 하는데, 이때 적절한 프로세스에 의한 효율적인 자원 운용통제는 항공모함 임무에 최적화된 함재기 소티를 생성하도록 기여하기 때문이다. 운용통제 프로세스의 적절한 성능 보장을 위해서는 설계 단계에서 기능 및 성능 검증을 통한 보완 및 고도화가 필요하다. 이

를 위한 설계 검증 환경이 필요하다.

본 논문에서는 항공모함의 항공작전자원 운용통제 모의가 가능한 시뮬레이터와 항공모함의 임무효과도인 소티 생성물을 도출하기 위한 분석장치를 제안한다. 이를 위하여 항공작전 임무와 관련된 함내 자원 및 자원에 대한 성능 파라미터를 식별하였고, 운용통제 프로세스에 따른 자원 운용통제가 가능하도록 항공작전자원을 모델링하였다. 제안한 방안의 타당성을 검증하기 위해 운용통제 프로세스에 따른 시뮬레이션에서 함재기 비행준비를 모의하고 모의결과로부터 항공작전자원 운용통제 성능과 소티 생성물을 산출하였다.

2. 항공작전 임무를 위한 자원 운용

항공작전 임무를 위한 자원 운용통제는 항공작전관(Air boss)이 수립한 함재기 운용계획에 따라 함내 항공작전자원(Air force Resource)을 실시간 운용 및 통제함으로써 함재기의 비행준비 및 이착함을 수행하도록 하는 일련의 절차이다. 이는 항공모함의 함재기 소티 생성에 영향을 주는 중요한 요소이다. 함재기 비행준비 및 이착함 절차는 Fig. 1과 같다.



Fig. 1. Flight preparation process

2.1 함재기 운용계획 수립

이승도⁶⁾의 연구에서 함모 항공작전 개념과 함재기 운용계획 수립 및 제공 과정을 제시하고 있다. 함모 항공단(Airwing)에서는 항공작전 임무명령서(ATO: Air Tasking Order)와 항공작전자원 현황을 기반으로 일일비행계획(Air Plan)을 포함한 항공작전계획(AOP: Air Operations Plan)을 수립한다. 항공작전부서(Air Department)는 접수된 항공작전계획과 함께 항공작전자원 현황을 모니터링하여 함재기의 발진/회수 시간을 결정하고 함내이동/주유/무장탑재 정보가 포함된 함재기 운용계획을 수립한다. 최종적으로 함재기 운용계획은 항공교통관제소(CATCC: Carrier Air Traffic Control Center)로 제공된다.

2.2 함재기 비행준비

함재기 이동과 이착함 통제는 비행갑판 관제소(FDC: Flight Deck Control)에서 실시한다. 비행갑판 관제소에서는 함재기 운용계획에 따라 함내 함재기의 이동(Flight moving), 주유(Refueling), 무장탑재(Arming) 및 조종사 탑승과 같은 비행준비 과정을 스케줄링하고 함내 이동을 통제한다. 그리고 비행중인 함재기에 대한 이착함 관제와 같은 항모 책임공역에 대한 항공교통관제(ATC: Air Traffic Control)도 수행한다.

함재기는 격납고(Hanger)에서 이송장치(Towing car)에 견인되어 함재기 이송승강기(Elevator)를 이용하여 비행갑판(Flight deck)으로 이동한다. 비행갑판에서 함재기는 정해진 위치에서 항공유를 주유하고 무장이송장치로 이송된 무장을 탑재한다. 출격 준비가 완료된 함재기는 갑판 활주로에서 갑판 사출장치(Catapult)를 이용해 출격(Take off)한다.

비행중인 함재기는 전투지휘소(CDC: Combat Direction Center) 및 방공지휘관(ADC: Air Defense Commander)의 통제를 받아 공중 및 지상 임무를 수행한다. 임무가 완료된 함재기는 관제소의 관제와 착함장치(Arresting Wire, Arresting Hook), 착함유도등(Meat ball)의 도움을 받아 착함(Landing)한다. 착함한 함재기는 다음 임무를 위해 재무장/재급유되거나 임무가 없으면 함재기 격납고로 이동하여 임무를 종료한다.

2.3 함재기 출격 및 쏘티 생성

쏘티(Sortie)는 한 대의 함재기가 한 번 이함하고 착함하는 것을 의미하며, 항모 임무수행 능력을 산정하는 중요한 척도이다. 항모에서 함재기 한 대 출격시 1 쏘티를 생성한 것으로 정의한다⁷⁾. 임무 복귀한 함재기에 대해서는 격납고에 보관하거나 필요시 재출격을 위한 단계를 수행한다. 함재기, 항공물자, 인원, 무장 등의 항공작전자원 할당 스케줄링 최적화와 효율적인 운용통제는 함재기 쏘티 생성에 영향을 준다.

3. 항공작전 효과도분석을 위한 시험장치

본 연구에서 항공작전 임무효과도 분석을 하기 위한 시뮬레이터를 제안한다. 시뮬레이터의 주요 기능으로는 함재기 운용계획을 준수하며 함내 항공작전자원에 대한 할당을 스케줄링하고 운용 및 통제하는 기능, 함재기 비행준비 및 이착함을 모의하는 기능, 쏘티 생성물 산출에 필요한 수준의 결과 데이터를 제공하는 기능이 있다. 다

음 절에서 시뮬레이터의 기능 구성에 필요한 항공작전자원 및 자원별 성능 파라미터 식별 결과를 보여주고, 항공작전자원 운용통제를 위한 기능 및 모델링 결과를 제시한다. 그리고 시뮬레이터의 전체 구성과 구성품을 제안한다.

3.1 항공작전자원과 성능 파라미터 식별

함재기 쏘티 생성 절차를 구분하고 절차별 연관된 항공작전자원을 식별하고 항공작전자원별 운용통제에 영향을 주는 성능 파라미터를 Table 2와 같이 도출하였다.

Table 2. List of feasible solutions

Sortie process	Action Item	Resource	Parameter
Mission preparation	Aircraft designation	Aircraft carrier	Number of aircrafts
		Aircraft	Aircraft identification
	Pilot designation	Aircraft carrier	Number of pilots
		Pilot	Pilot identification Pilot flight preparation time
	Refueling	Aircraft carrier	fuel loading capacity of carrier Aircraft fuel capacity Number of Service Point Refueling Time(litter/min) Number of Aircraft Lift Position of Aircraft Lift Moving Time of Aircraft Lift
	Weapon Arming	Aircraft carrier	weapon loading capacity of carrier Number of weapon inventory Position of weapon inventory Number of Weapon Lift Position of Weapon Lift Moving Time of Weapon Lift Weapon Transfer Time
		Weapon hanger system	Missile type Number of Missile Time required of Armed mounting Armed mounting location
	Move to flight deck	Aircraft carrier	Heading rotation speed on carrier Moving speed on carrier Current position of aircraft
		CATCC	Aircraft movement scheduling on carrier
	Mission Info	Pilot	Time required for mission briefing
Pilot		Time required to check flight readiness	
Pre-launch inspections	pliot check	Aircraft flight Info	Weather condition(CASE-I/II/III)
	Runway safety check	Aircraft carrier	Time required to check runway status
	Engineer support	Aircraft carrier	Time required to check flight readiness
Aircraft Launch	Runway safety check	Aircraft carrier	Time required to check runway status
		CATCC	Check the aircraft on the runway
	Aircraft take off	PSR/SSR	Number of controlled area aircrafts
		OSD	Wind direction/speed Carrier course/roll/pitch
		ECS	Steering angle Propulsion acceleraion/deceleration
		Aircraft carrier	Aircraft heading/roll/pitch/speed
	Aircraft approach	CATCC	Check the aircraft on the runway
		PSR/SSR	Number of controlled area aircrafts Aircraft distance, elevation, height
		Aircraft flight Info	Weather condition(CASE-I/II/III) Visible distance(NM) Inbounds distance(NM)
		Aircraft carrier	Aircraft Height, Landing flight pattern Aircraft heading/roll/pitch/speed
Aircraft landing guidance	PAR	Approching guide angle/bearing/height	
	OSD	Wind direction/speed Carrier course/roll/pitch	
	ECS	Steering angle Propulsion acceleraion/deceleration	
Parking	Aircraft carrier	Aircraft heading/roll/pitch/speed	
	Pilot debrief	Pilot	Time required for mission debriefing
	Re spot flight deck	Aircraft carrier	Aircraft landing spot
Move to hanger	Aircraft carrier	Heading rotation speed on carrier Moving speed on carrier	
		Current position of aircraft	

성능 파라미터를 보면 주요 항공작전자원으로는 항공모함 플랫폼(AC: Aircraft Carrier), 비행 임무를 수행하는 함재기(Carrier) 및 조종사(Pilot), 함재기에 무장/탄약을 탑재하기 위한 무장/탄약 이송체계(Elevator, Towing car), 함재기의 비행갑판 이동 통제 및 이착륙 관제를 위한 관제소(FDCC, CATCC), 함재기에 관제 레이더 정보를 제공하기 위한 항공관제 레이더(PSR/SSR: Primary Surveillance Radar/Secondary Surveillance Radar) 및 정밀접근관제 레이더(PAR: Precision Approach Radar), 이착륙 관제시 조종사에게 제공되는 비행정보업무(Flight Information Service), 항공모함에 대한 풍향/풍속 및 헤딩/롤/피치 등 운동정보를 제공하는 함기준센서(OSD: Own Ship Data), 함재기 이착륙시 항공모함의 함수 방향과 추진을 제어하기 위한 통합기관제어체계(ECS: Engineering Control System)가 있다.

3.2 항공작전자원 모델링 방안

시뮬레이터는 외부로부터 함재기 운용계획을 제공한다. 이후 교통관제 모델에서 함재기 운용계획을 관리하며 함재기가 격납고에서 비행갑판으로 이동 후 주유와 무장탑재, 이륙 하는 동선으로 이동경로를 수립한다. 이동경로에 따라 이동, 주유, 무장탑재, 이착륙 명령을 함재기 모델로 제공한다. 함재기 모델 및 항모 모델은 함내 이동, 주유, 무장탑재, 비행을 모의하고 상태를 관리한다.

3.2.1 함재기 운용계획 제공

함재기 운용계획은 항공작전부서(Air Department)에 의해 일일 비행 계획(Air Plan) 정보를 기반으로 수립된다. 시뮬레이터에서는 외부매체로부터 일일 비행 계획이 제공받으면 시뮬레이터에서 정의한 함재기 운용계획 형태로 정보를 파싱하고 정규화 처리를 수행한다. 시뮬레이터는 최종 형태의 함재기 운용계획 정보를 관리하게 된다. 일일 비행 계획 입력부터 함재기 운용계획 생성까지의 처리과정을 Fig. 2에서 보여주고 있다. 본 연구에서는 미국 해군 항공모함의 T-45C 훈련기 대상의 일일 비행계획 정보를 참고하였다⁸⁾. 일일 비행계획에는 이벤트 번호, 발진 시간, 재비행 시간, 임무, 함재기 기종, 출격회수, 항공유량, 기상정보 등의 함재기 운용계획에 필요한 정보를 포함하고 있다.

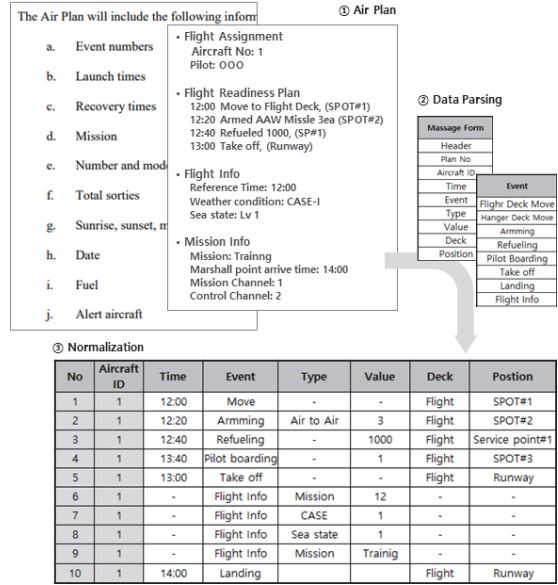


Fig. 2. Normalization of aircraft operation plan

3.2.2 함재기 비행준비

함내 비행준비 및 이착함은 교통관제 모델에서 통제명령을 제공한다. 함재기의 이동 및 주유, 이착륙은 함재기 모델과 항모 모델에서 기능을 모의한다. 함재기가 계획된 주유위치에 도착하면 항모 모델은 주유를 모의하고 함재기에 주유하는 양만큼 항공유 적재량을 감소시킨다. 함재기는 주유상태를 제공받고 함재기의 유류적재현황을 갱신하고 관리한다. 이후 함재기는 계획된 무장탑재위치로 이동한다. 무장탑재 완료 후 이륙위치에서 이륙명령에 따라 이륙 및 비행을 모의한다.

3.2.3 무장 이송

무장이송체계는 함재기에 필요한 무장/탄약을 탄약고, 격납고, 무장 준비 공간, 비행갑판까지 레일과 승강기를 통해 이송시키는 체계이다. 김창현⁹⁾의 연구에서 소개된 영국 퀴엘리자베스 항공모함에 탑재된 무장/탄약 이송체계를 참고하여 무장 이송체계 모델의 기능을 식별하였다. 무장 이송체계 모델은 무장이송 및 함재기 무장탑재를 통제한다. 항모 모델에서 적재무장을 관리하고, 무장이송 통제에 따라 무장이송을 모의한다. 비행갑판의 무장탑재 위치에서 무장탑재계획의 탑재무장종류/발수에 따라 함재기에 무장탑재를 모의한다. 무장탑재상태에 따라 함재기의 무장탑재현황과 무장적재고의 무장적재현황이 갱신된다.

3.2.4 기타 항공작전자원에 대한 모델링 및 모의

합기준센서 모델은 항모 기동에 따른 GPS 정보와 해상상태에 따른 자이로, 함속계 정보를 모의한다. 그리고 기상환경에 따른 풍향, 풍속, 기온, 기압, 습도 정보도 모의하여 제공한다. 비행정보제공 모델은 작전 구역내의 해상상태 및 강우상태 등 기상정보를 모의한다. 그리고 작전 구역내의 시간대별 기상예보 기능을 모의한다. 관제레이더 모델은 대공표적을 탐지하고 함재기를 포함하여 추적정보를 모의하여 제공한다. 그리고 착륙중인 함재기를 추적하며 접근 활공각, 방위, 거리 등을 모의하여 제공한다.

3.3 효과도분석 방안

효과도분석은 실세계에서 무기체계 설계 및 운용개념을 평가하는데 많이 사용하는 대안적 분석 방법론이다. 효과도분석에는 효과도 및 성능치를 분석하는데, Hootman (2003)은 “함정 설계 및 획득을 위한 군사 효과분석 및 의사결정 프레임 워크” 연구에서 효과도(MOE: Measures of Effectiveness), 성능치(MOPs: Measures of Performance), 특성치(DP: Dimensional Parameters)를 다음과 같이 정의하고 있다¹⁰⁾.

특성치(DPs)는 체계행위를 구동하는 물리적인 특성치이다. 성능치(MOPs)는 특성치로부터 계산되는 특정형태의 비확률적인 척도이다. 효과도(MOEs)는 MOPs로부터 계산되는 체계의 운용적 수행도(operational performance)를 척도 및 확률로 나타내는 것을 선호한다.

이들 용어의 체계 경계 수준은 Fig. 3과 같이 나타낼 수 있다.

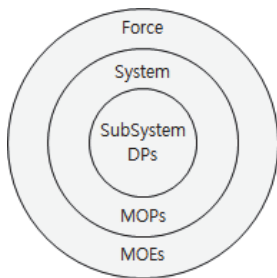


Fig. 3. Level of Effectiveness Analysis for System

대안별 효과도 및 성능치는 모델링 및 시뮬레이션 기법을 통하여 분석하게 된다. 무기체계에 대한 성능치를 반영하여 임무 시나리오에 따라 시뮬레이션을 수행하여 임무효과도를 산출한다.

본 연구에서는 항모의 항공작전에 효과도분석 기법을 적용하였다. 항공자원의 수량, 배치, 속성을 시나리오에서 특성치(DPs)로 설정함으로써 항공자원의 특성을 결정한다. 항공자원 모델별 특성 파라미터 도출 결과는 Table 2에서 상세하게 보여주고 있다. 성능치(MOPs)는 항공자원 모델별 동작을 통하여 함재기 비행준비 단계를 소요시간으로 도출한다. 함재기 비행준비 완료 후 이륙하면 1소티가 도출된 것이며 단위시간별 소티회수를 통해 최종적으로 소티생성률이 계산된다. 시뮬레이터에 적용되는 특성치는 하드웨어적이고 정량적인 요소이며 확률적 요소는 포함되지 않았다. 이에 결과분석에 반복실행을 통한 확률적 분석 기법은 이용하지 않았음을 밝혀둔다. 체계 효과도분석 수준을 적용한 항모 항공작전 임무효과도 분석과정을 Fig. 4와 같이 표현하여 보여준다.

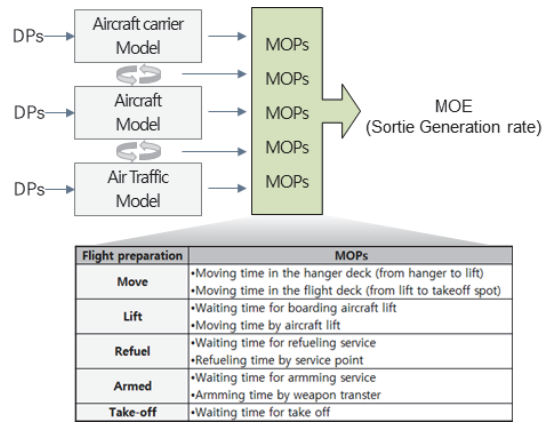


Fig. 4. Level of Effectiveness Analysis for Air force

3.4 시뮬레이터 구성

시뮬레이터는 비행계획 생성기, 운용통제기, 분석기로 구성된다. 운용통제기는 Zeigler & Prachofer¹¹⁾가 제안한 모델 구조에 따른 이산사건(DEVS) 및 이산시간(DTSS) 시뮬레이션 엔진을 기반으로 전체 모델에 대한 시뮬레이션을 통제한다. 항공작전자원 모델 6종은 자원 할당을 스케줄링하고 자원에 대한 운용통제를 모의한다. 분석기는 시뮬레이션간 모델 상태정보, 제어정보, 이벤트 정보를 수집한다. 운용통제기는 외부연동을 통해 비행계획 생성기로부터 함재기 비행계획을 제공받는다. 시뮬레이터에 대한 주요 구성 화면을 Fig. 5에서 보여주고 있으며 시뮬레이터의 구성품과 주요 기능을 Table 3에 정리하여 보여준다.

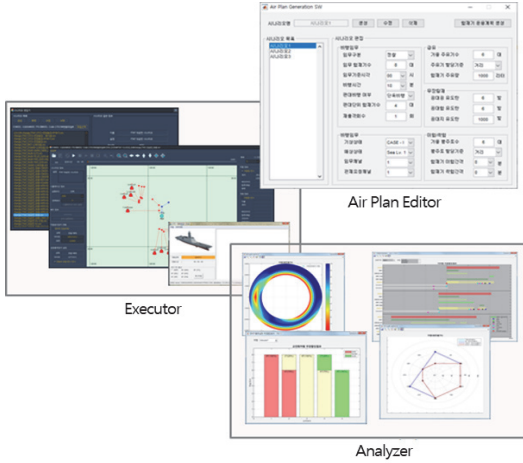


Fig. 5. Simulator for design validation of Aircraft carrier operations command and control

Table 3. Simulator interlocking model

구성품		주요 기능
Air Plan Editor		• Create scenario and air plan
Executor	Engine	• Simulation time and event progress
	Aircraft carrier model	• Simulation and status management of onboard equipment functions • Moving a carrier • Armed transport and loading, refueling
	Aircraft model	• Moving aircraft • Flight preparation simulation • Refueling and armed management
	ATC model	• Aircraft, pilot status management • Flight preparation Control • Take off and landing control
	OSD model	• Generation of wind direction, wind speed, carrier position, carrier speed
	PSR model	• Aircraft detection and target creation • Provide approaching glide, azimuth and altitude to landing aircraft
	Flight info model	Provide flight info, sea state, weather condition
Analyzer		• Receiving and storing interlocking information • Analysis of Result

4. 효과도 분석 실험

항공모함의 임무효과도 분석을 위해 시뮬레이터를 이용하여 항공작전자원 통제를 모의하였다. 분석기를 이용하여 모의 결과를 사후 분석하여 함재기 비행준비 현황과 쏘티 결과를 확인함으로써 제한한 임무효과도 분석

방법에 대한 타당성과 활용성을 검증하였다.

4.1 실험조건

4.1.1 성능 파라미터 실험치

실험을 위한 사전 설정치를 입력하였다. 필요한 설정으로는 항공작전자원 성능 파라미터, 항모 탑재정보이다. 항공작전자원 성능 파라미터는 식별한 파라미터를 사용자에게 의한 변경이 가능하도록 입력 변수화 하였다. 항모 탑재정보는 시뮬레이션 초기에 항모에 탑재되는 함재기, 조종사, 무장 및 승강기, 주유기와 같은 주요 함내 시설에 대한 초기 수량과 위치를 설정할 수 있다. 항공작전 성능 파라미터 및 항모 탑재정보에 대한 실험치는 Table 4와 같이 설정하였다.

Table 4. Setting performance parameters and ship loading information for Simulator

Dimensional parameters(DPs)		Setting value
Aircraft carrier model	Flight deck length (m)	260
	Flight deck width (m)	60
	Hanger deck length (m)	140
	Hanger deck width (m)	30
	refueling speed (litter/sec)	400
	Required time of moving aircraft lift (s)	50
	Required time of moving weapon lift (s)	20
	weapon transfer speed (m/s)	2
	Required time of loading weapon (s)	5
	Required time of mounting weapon (s)	30
	Pilot recovery time (s)	30
	Pilot mission briefing time (s)	10
	Pilot mission debriefing time (s)	10
	Required time to check runway status (s)	10
Required time to check flight readiness (s)	1	
Aircraft model	truck moving speed (m/s)	0.5
	Maximum weapons load	12
	Internal fuel capacity (litter)	2000
	Weight empty (kg)	13000
	Minimum take-off distance (m)	2
	Apply take-off pattern by CASE	Apply
	Apply landing pattern by CASE	Apply
	Flight distance after take-off by CASE-I (nm)	7
	Flight height after take-off by CASE-I (ft)	500
	Inbound distance (nm)	50
Marsaling point height (ft)	2000	
PAR model	Maximum detection distance (nm)	50
	detection distance error rate (%)	1
	detection bearing error rate (%)	1
	Approaching angle (deg)	30
	Approaching bearing (deg)	0
	Safety angle (deg)	6
	Safety bearing (edg)	4
Loading information of aircraft carrier		Setting value
Aircraft carrier model	Number of aircraft	8
	Number of pilot	8
	Number of weapon inventory	32
	Number of service point	4
	Number of air-to-air missile	120
	Number of air-to-ship missile	120
	Number of air-to-ground missile	120
	Number of truck for moving aircraft	4
	Number of transfer for moving weapon	2
	Number of aircraft lift	2
	Number off weapon lift	2
	Aircraft position (deck, spot)	Hanger deck, Spot 1~8
	Truck position (deck, spot)	Hanger deck, Spot 1~4
Transfer position (deck, spot)	Hanger deck, Spot 9~10	
Service point position (deck, spot)	Flight deck, Spot 5~8	

4.1.2 함재기 운용계획 실험치

함재기 운용계획 생성을 위한 실험치를 Table 5 및 Fig. 6과 같이 설정하였다. 설정된 실험치에 의해 함재기 운용계획이 생성되어 시뮬레이터로 제공된다.

Table 5. Setting an aircraft operation plan

	Dimensional parameters(DPs)	Setting value
Mission info	Number of aircraft (unit)	8
	Reference time (hour)	12
	Flight time (hour)	1
	Formation	Single
	Re-take-off count	0
fuel	Service point (unit)	4
	Service point allocation criteria	Distance
	Refuel (litter)	2000
Weapon	Air-to-air missile	4
	Air-to-ship missile	4
	Air-to-ground missile	0
	Number of runway	1
	take off time interval (min)	2
	landing time interval (min)	3
Flight info	Weather condition	CASE-1
	Sea state	Sea Lv. 1
	Mission channel	1
	Control channel	2

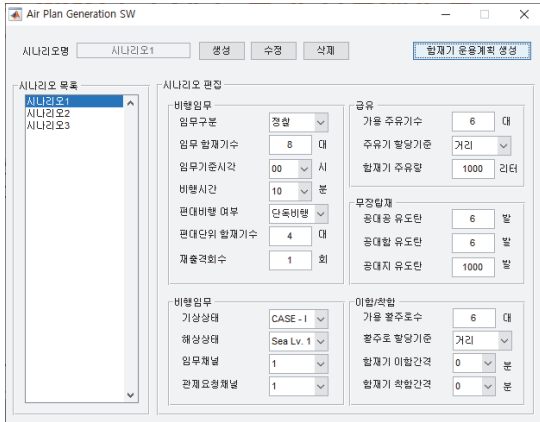


Fig. 6. Setting HCI for an aircraft operation plan

4.2 실험결과 및 검토

제공한 함재기 운용계획에 따라 시뮬레이터에서 함재기 비행준비 및 발진을 적절하게 모의하였고, 이에 따라 항공작전자원 운용통제 결과를 Fig. 7과 같이 수집하였다. 실험 결과에서 함재기 비행준비 및 무장이송 단계별 소요시간과 주요 이벤트 발생시각을 확인할 수 있다.

Aircraft ID	1	2	3	4	5	6	7	8
Start moving from hanger deck	0	0	0	0	970	790	1260	1080
Arrived at the aircraft lift	40	40	40	40	1050	870	1380	1120
Get in the aircraft lift	40	40	140	140	1050	870	1380	1120
Start moving from Flight deck	90	90	190	190	1100	920	1430	1170
Arrived at armed spot	170	170	230	230	1180	1000	1470	1210
Start refueling	170	170	230	230	1180	1000	1480	1300
Refueling completed	470	470	530	530	1480	1300	1780	1600
Start arming	470	470	720	720	1480	1300	1780	1600
Arming completed	710	710	960	960	1720	1540	2020	1840
Arrived at runway	970	790	1260	1080	1980	1620	2320	1960
Take off	970	790	1260	1080	2080	1620	2320	1960

Weapon transfer ID	1				2			
Assigned aircraft ID	1	3	5	7	2	4	6	8
Start moving weapon inventory	0	-	-	-	0	-	-	-
Arrived at the weapon inventory	5	-	-	-	5	-	-	-
Start loading weapon	5	-	-	-	5	-	-	-
Loading completed	165	-	-	-	165	-	-	-
Arrived at the weapon lift	180	-	-	-	190	-	-	-
Get in the weapon lift	180	-	-	-	190	-	-	-
Start moving from flight deck	200	710	960	1720	210	710	960	1540
Arrived at armed spot	210	720	970	1730	220	720	970	1550
Start arming	470	720	1480	1780	470	720	1300	1600
Arming completed	710	960	1720	2020	710	960	1540	1840

Fig. 7. Simulation result data set

실험 결과를 이용한 함재기 비행준비 현황을 Fig. 8에서 차트로 보여준다. 함재기별 격납고 및 비행갑판에서의 이동소요시간, 승강기 탑승 및 주유, 무장탑재, 발진 시점을 확인할 수 있다. 함재기별 함내 비행준비 및 발진이 순차적으로 진행되는 경향을 보여주고 있으며, 함재기 비행준비 과정에서 무장이송장치가 적절하게 할당되어 무장탑재를 수행하는 것을 확인할 수 있다.

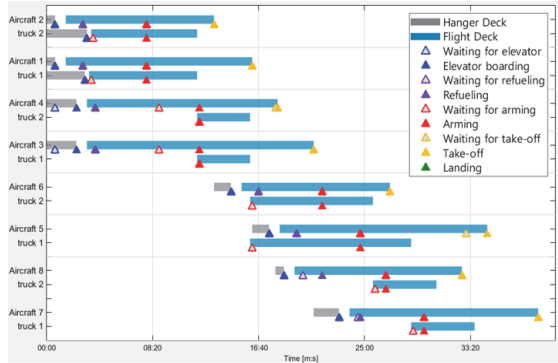


Fig. 8. Flight preparation analysis result

실험 결과로부터 함재기 쏘티를 분석하였다. 쏘티 분석항목은 James W. Harris의 쏘티 생성률 모델 연구^[12]를 참고하여 분석지표를 분석하고 항목을 식별하였다. 쏘티 분석결과는 Table. 6과 같다.

본 실험 조건에 의한 쏘티 생성률은 시간당 22.86 쏘티로 측정되었고, 총 비행준비 소요시간 중 대기 소요시간이 10.97%를 차지하였다. 함재기의 대기 소요시간은 다수의 함재기가 승강기 탑승, 주유, 무장탑재, 활주로 진입을 수행하면서 병목이 발생하였고, 자원을 선점하지 못한 함재기에 대기 시간이 발생하였다. 이러한 대기 소요시간

Table 6. Sortie analysis result

	Analysis Item	Result
Sortie generation performance	Sortie generation rate (Number of sorties/hour)	22.86
	1 Sortie generation average time(s)	998.75
	1 Sortie generation minimum time(s)	790
	1 Sortie generation maximum time(s)	1260
Flight readiness time	Total Flight readiness time(s)	900
	Lift move time(s)	50
	Refuel time(s)	300
	Weapon mount time(s)	240
	Aircraft move time(s)	310
waiting time	Total waiting time(s)	98.75
	Aircraft lift waiting time(s)	25
	Refuel service waiting time(s)	12.5
	Weapon mount waiting time(s)	47.5
	Runway waiting time(s)	13.75

을 줄이면 소티 생성률이 개선될 것으로 예상된다. 대기 소요시간을 줄이기 위한 방법으로는 항공작전자원에 대한 운용통제를 효율적인 수행하여 자원 가용성을 극대화하고 유휴시간을 줄이는 방법을 고려할 수 있다. 그리고 항공작전자원의 성능 파라미터를 조정하거나 함내 탑재 정보(함재기 대수 및 대기위치, 승강기 위치 등) 조정을 통하여 대기 소요시간을 최소화하고 소티 생성을 향상시키는 설계로 유도할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 항공작전 임무효과도인 소티 생성률 도출 방안을 검증하기 위해 항공작전자원 운용통제 모의 및 분석이 가능한 시뮬레이터를 제안하였다. 시뮬레이터의 기능 타당성과 활용성을 검증하기 위해 적절한 모델 파라미터를 설정하여 실험을 수행하였다. 시뮬레이터의 기능이 적절하게 동작하였고, 실험을 통해 수집된 결과를 이용하여 함재기 비행준비 현황 및 소티 분석 결과를 도출함으로써 제시한 항공작전 효과도 분석을 위한 방안이 기능적으로 타당함을 확인하였다.

다만, 항공자원의 모델별 특성을 결정하는 파라미터로 하드웨어적이고 정량적인 요소만 고려된 점은 추후 연구에서 보완이 필요한 부분으로 고려된다. 향후 모델 특성치로 확률적 요소를 추가 식별하고 효과도 분석에 반복 실행을 통한 몬테카를로 기법을 적용한다면 분석결과와 신뢰성을 향상할 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구를 통하여 확보된 모델링 기술 및 시뮬레이터, 임무효과도 분석 방법은 향후 항공모함의 운용 시스템 설계 및 검증을 위한 M&S 도구 개발 과제에 활용이 기대된다.

References

- [1] Ministry of National Defense, “2020 Defense White Paper”, Policy Planning Office, pp. 11-29, Dec. 2020.
- [2] Janes IHS Markit, “Jane’s Fighting Ships 2019-2020”, the UK by Polestar Wheatons, 2019
- [3] I. S. Kim, “The Korean Aircraft Carrier Programme and Implication of the Naval Air Operation during the Korean War”, The Quarterly Journal of Defense Policy Studies, vol. 35, no. 4, pp. 103-136, 2020.
- [4] Ministry of National Defense, “21-25 국방중기계획 수립 발표”, Defense and Technology, vol.499, pp. 10-17 Sep. 2020
- [5] Defense Acquisition Program Administration, “경향공모함 핵심기술 개발 착수회의 개최”, Defense and Technology, vol.501, pp. 11-13 Nov. 2020
- [6] S. D. Lee, and P. Park, “The Development of Carrier Aviation Support System Architecture using DoDAF”, Journal of the Korean Society of Systems Engineering, vol. 11, no. 1, pp. 33-39, June. 2015.
- [7] S. D. Lee, and P. Park, “The Study of Aircraft Carrier Sortie Generation System(CVSGS) Boundary Analysis”, Journal of the Korean Society of Systems Engineering, vol. 11, no. 1, pp. 73-79, June. 2015.
- [8] Department of the navy, “Flight Training Instruction for CV Procedures(UMFO) T-45C”, pp. 17-18, USA., Jan. 2014
- [9] C. H. Kim, “영국 퀴엘리자베스 항공모함 무장/탄약 이송체계 소개”, Defense and Technology, vol.512, pp. 152-159 Oct. 2021
- [10] John C. Hootman, “A Military Effectiveness Analysis and Decision Making Framework for Naval Ship Design and Acquisition”, Master of Science at Massachusetts Institute of Technology, June, 2003.
- [11] B. P. Zeigler, H. Praehofer, and T. G. Kim, “Theory of Modeling and Simulation”, 2nd Edition, Academic Press, 2000.
- [12] James W. Harris, Jr, “The Sortie Generation Rate Model”, Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, 2002.



김 준 형 (ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-0313-5878> / jh_neo.kim@hanwha.com)

2010 경북대학교 전자공학부 공학사

2016 경북대학교 전자공학부 공학석사

2010~ 현재 한화시스템 해양연구소 전문연구원

관심분야 : 시뮬레이션, 국방 M&S, 체계종합