

SORA기반의 위험분석을 통한 공공임무용 무인이동체시스템에 대한 안전 요구사항의 도출에 관한 연구

임상연* 김상헌* 정호전* 박진규* 김상환*
*한국산업기술시험원
e-mail:isy0619@ktl.re.kr

A study on the deriving safety requirement for unmanned aircraft vehicle for public missions through risk analysis based on Specific Operations Risk Assessment

Sang-Yeon Lim* Sang-Hun Kim* Jin-Kyu Park* Sang-Hwal Kim*

*Dept. of System Verification and Validation Center, Korea Testing Laboratory

요약

최근 무인이동체 분야에 대한 활발한 연구개발을 통해 다양한 분야에서 무인이동체의 운영이 증대되고 있다. 무인이동체가 다양한 운영환경에서 운용됨에 따라 무인이동체의 안전확보에 대한 중요성이 커지고 있다. 이를 위해 국내에서도 무인이동체에 대한 다양한 방법의 위험분석과 그 결과를 활용한 위험경감 대책 수립에 관한 연구들이 수행되고 있다. 그러나 대부분은 무인이동체의 운영상에서의 위험분석과 이를 토대로 운영상의 규제, 제한 등에 관해 초점을 맞추고 있다. 무인이동체의 연구개발 수명주기에 따라 설계 초기부터의 위험분석과 설계에서의 반영을 통한 능동적인 안전확보에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 유럽항공안전청(EASA)에서 활용중인 무인이동체에 대한 위험분석 방법을 국내 공공임무용 무인이동체 개발에 적용하여 위험분석을 수행하였다. 이를 위해 무인이동체의 운용개념 분석, 지상제어 및 공중제어 영역에 대한 위험 분석, 비행 안전기준 등을 분석을 수행하여 통제가 가능한 위험들을 식별하였으며, 이에 대한 안전 요구사항을 도출하였다. 향후 이를 무인이동체의 설계에 반영하여 설계단계에서 무인이동체에 대한 안전확보가 가능할 것이다.

1. 서론

4차 산업혁명 시대의 무인이동체(드론)는 단순 교통수단을 넘어 정보수집, 가공 및 배포까지 다양한 역할을 통해 4차 산업혁명을 이끌 것으로 예상된다. 또한 인간의 역할을 대신하여 위험하고 오염된 환경에서의 임무를 수행할 수 있는 무인이동체의 다양한 연구들이 진행되고 있다.

최근 무인이동체는 재난/재해, 수색/정찰 등 공공 분야에서의 필요성이 높아지고 있다. 재난/재해 등의 발생 시 광범위한 현장의 수색, 인명구조를 위한 정보 수집 등의 대응 과장들을 소방관이 수행하는데 한계가 있으며 이를 무인이동체가 대체하여 수행하는 연구들이 활발히 진행되고 있다.^[1]

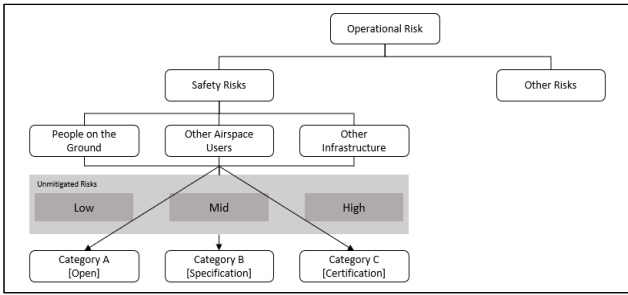
하지만 활발한 연구들이 진행되에도 무인이동체의 운용상의 안전에 대한 연구는 미비한 실정이다. 최근 국내에서도 추락에 따른 상해사고 등 무인이동체(드론) 사고가 증가되고 있다. 이러한 상황들을 고려했을 때, 무인이동체에 위험에 대한 분석이 필요하여, 이를 통해 사고예방 및 안전확보가 필요하다.

본 논문에서는 무인이동체의 사고 예방 및 안전확보를 위한 위험분석을 수행하였다. 유럽항공안전청에서 활용중인 무인이동체의 위험분석방법을 분석하여 국내 무인이동체분야 적용하고 이를 통해 위험요인 식별 및 안전 요구사항을 도출하였다.

2. SORA 기반의 위험분석 절차

2.1 무인이동체의 분류

유럽의 유럽항공안전청(EASA)에서 무인이동체 운용 목적 및 내용에 따라 등급을 분류하고 있다. 무인기규정제정공동기구(Joint Authorities for Rulemaking for Unmanned System, 이하 JARUS)에서 정의하였으며, 무인이동체를 위험도에 따라 Category A, B, C로 분류한다.^[2]



[그림 1] UAV Operational Categorization

국내에서도 최근 무인이동체를 위험도 및 성능을 기준으로 4단계로 분류하였다. 개정단계의 항공안전법 시행규칙 및 시행령으로서 250g이하의 모형비행장치를 제외한 무인이동체를 저위험, 중위험, 고위험 총 3단계로 구분하였다. 개정 예정인 국내 무인이동체 분류 4단계는 다음 표와 같다.^[3]

[표 1] 국내 무인이동체 분류 4단계

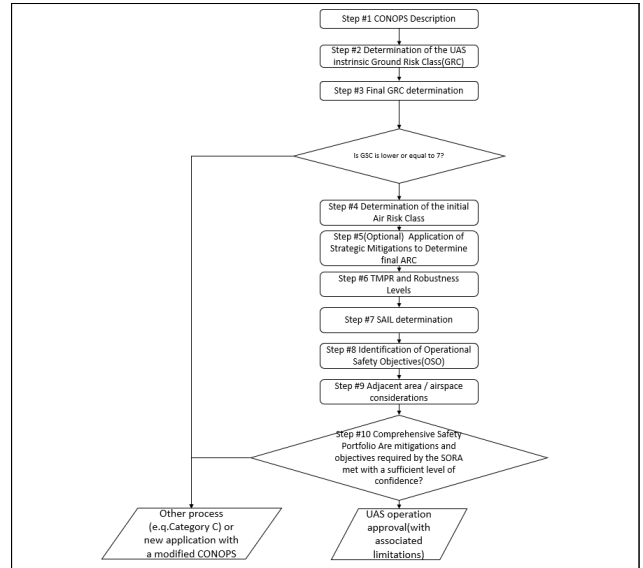
구분	내용
모형비행장치	비사업용으로 일정 운용요건을 준수하는 250g 이하 무게 기체
저위험 무인비행장치	7kg 이하 무게 기체 중 일정 운동에너지(1,400J) 이하로 운행하는 기체
중위험 무인비행장치	250g 초과 25kg 이하 기체 중 일정 운동에너지(14,000이하)에 해당하는 기체
고위험 무인비행장치	위의 3가지 분류에 해당하지 않는 150kg 이하의 기체

2.2 Category B,C 무인이동체에 대한 위험분석 절차
 무인이동체의 위험분석 방법은 유럽 내 정의된 위험분석 기법을 적용하였다. 유럽의 유럽항공안전청(EASA) 주관의 JARUS에서 정의한 특정운영위험분석 기법(Specific Operations Risk Assessment, 이하 SORA)을 활용한다. SORA Process는 무인이동체의 제안된 운영개념(ConOps)을 분석하고, 허용 가능한 위험성 내에서 적절한 신뢰를 구축하기 위한 논리적 프로세스를 제공한다. 현재 국내에는 무인이동체에 대한 위험성 분석 및 평가 등이 미비하며, 이를 위한 방법 및 분석도 부족한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 JARUS에서 정의한 SORA Process를 국내 무인이동체 운용환경 및 개발상황에 맞게 Tailoring하여 적용하여 위험분석을 수행한다.

- SORA 분석

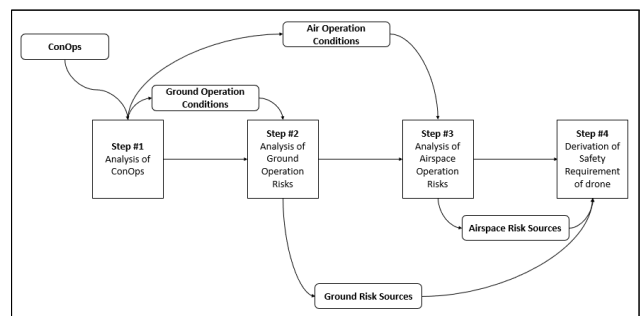
SORA 분석은 제안된 운영개념(ConOps)를 분석하고, 위험성 수준에서 작업을 수행할 수 있는 적절한 수준의 신뢰를 구축하기 위한 논리적 프로세스를 제공한다

다. SORA는 공중 및 지상 위험성평가에 중점을 두며 공중 및 지상 위험성 이외에도 중요 인프라에 대한 추가 위험성평가도 수행한다. 다음 그림에 SORA프로세스를 정의하였다.^{[4][5]}



[그림 2] Specific Operations Risk Assessment(SORA) Process

앞서 언급하였듯이 위의 SORA Process를 그대로 활용하여 국내의 공공임무를 목적으로 개발 중인 무인이동체의 운용환경 및 기준 등이 상이하기 때문에 적용하기 어렵다. 이를 위해 SORA Process를 국내 환경에 맞도록 Tailoring 하여 위험분석을 수행하였다. 국내 운용환경에 맞도록 Tailoring한 SORA Process를 다음 그림과 같다.



[그림 3] 국내 무인이동체 운용환경에 적용한 위험분석방법

국내 무인이동체에 적용한 SORA Process는 초기 운용개념 분석을 수행하여 지상 및 공중영역의 위험요인을 식별하고 이를 분석하여 안전요구사항을 도출하였다. 위험분석의 대상이 되는 공공임무용 무인이동체는 현재 연구과제를 통해 개발중인 무인이동체로 선정하였으며, 주요 임무가 도서산간 지역의 산불 대응

이 목적인 무인이동체를 대상으로 하였다.

3. SORA 기반의 공공임무용 무인이동체 위험분석 방법

3.1 운용개념(ConOps) 분석

도서산간 산불대응 무인이동체 시스템은 이륙 후 일정시간 내 도서산간의 산불 발생 지역으로 이동하여 임무를 수행한 후 이륙지점으로 복귀한다. 무인이동체는 탑재장비 및 소화를 위한 도구 등을 탑재하고 산불 발생지역으로 이동한 후 이미지 분석을 통해 얻은 정보를 바탕으로 운용자가 지정한 장소에서 소화작업을 수행한다.

도서산간 산불대응 무인이동체는 임무의 특성상 비가시권 및 야간에도 운용할 수 있다. 비가시권 및 야간 운용은 원격식별 및 자동충돌방비, 감지 및 회피성능, 비행구역의 면밀한 검사 등을 통해 업무를 수행한다. 이러한 기능 및 성능은 다른 유·무인 항공기나 장애물 등으로부터 무인이동체가 안전하게 비행할 수 있도록 지원한다.

[표 2] 도서산간 지역 산불대응 무인이동체 운용환경

	구분	기준
기후조건	주간/야간 운행	주간 및 야간(24시간)
	가시권역 비행	가시/비가시 비행
	운용온도	-15℃ ~ +40℃
	최대풍속	12 m/s

3.2 공공임무용 무인이동체시스템 지상위험요인 분석 및 안전요구사항 도출

운용개념에서 분석한 내용을 기반으로 도서산간 산불대응용 무인이동체의 지상위험요인을 식별하였다. 지상위험은 지상 운용 시 위협이 되는 사물 등의 환경에 중점을 두었다. 도서산간 임무용 무인이동체는 도서산간지방에서 운용되며, 특히 나무, 송전탑, 통신탑 등 운용 시 회피해야할 물체들이 다수 존재한다. 이러한 위험요인을 분석하여 도출한 지상 안전요구사항은 다음과 같다.

[표 3] 지상운용에서의 위험요인 도출 및 안전요구사항 도출

위험 요인	안전 요구사항
지상 장애물	비행 중 지상에 있는 장애물(사람, 건축물 등)과 충돌하지 않아야 한다.
특수 구조물	비행 중 지상에 있는 특수한 구조물(산간지역 송전선로, 송전탑, 통신탑 등)과 충돌하지 않아야 한다.

지상운용에서의 위험요인은 지상 장애물, 특수 구조물 2가지로 식별되었으며, 이에 대한 안전요구사항을 도

출하였다. 도서산간에서 운용되는 무인이동체는 지상의 나무, 건축물 등과 송전탑, 통신탑 등의 특수한 구조물들과 충돌해서는 안된다.^[6]

3.3 공공임무용 무인이동체시스템 공중위험요인 분석 및 안전요구사항 도출

도서산간 산불대응용 무인이동체의 공중위험요인을 식별하였다. 공중위험은 공중 운용 시 위협이 되는 요인과 환경에 중점을 두었다. 도서산간 임무용 무인이동체는 도서산간지방의 해수면기준 1000m 이상에서 운용되며, 야간비행 및 시계제한 비행이 필요하고, 특히 무인이동체와 충돌가능성이 높은 비행체(조류) 등이 존재한다. 이러한 모든 위험요인을 분석하여 도출한 공중 안전요구사항은 다음과 같다.

[표 4] 공중운용에서의 위험요인 도출 및 안전요구사항 도출

위험 요인	안전 요구사항
야간/시계제한 비행 공통	무인이동체에 자동안전장치(Fail-Safe) 기능이 탑재되어야 한다.
	무인이동체에 충돌방지기능이 탑재되어야 한다. 추락시를 대비한 별도의 위치정보송신용 GPS 위치 발신기를 장착하여야 한다.
야간 비행	야간 비행을 위해 5km 밖에서 인식가능한 충돌방지등을 장착하여야 한다. 야간비행을 위한 적외선 카메라와 이를 활용한 시각보조장치(FPV)를 탑재해야 한다.
시계제한 비행	시스템 이상 발생 시 조종자에게 즉각 알림이 가능하여야 한다. 통신 방식을 이중화하여 탑재하여야 한다.
공중 충돌	비행중 다른 비행체와 충돌하지 않아야 한다.

공중운용에서의 위험요인은 야간/시계제한에 대한 공통과 개별 위험요인과, 공중충돌 4가지로 식별되었으며, 이에 대한 안전요구사항을 도출하였다. 도서산간에서 운용되는 무인이동체는 야간/시계제한 비행을 위한 충돌방지등, 시각보조장치 등이 탑재되어야 한다.^[6]

4. 결론

SORA 기반의 위험분석을 통해 공공임무용 무인이동체시스템의 위험요인 식별과 그에 따른 안전요구사항을 도출하였다. 운용개념, 지상, 공중영역에서 무인이동체의 위험요인을 식별했으며, 이를 기반으로 필수 안전요구사항을 도출하였다.

최근 무인이동체의 활용이 오락, 촬영 등의 민간 활용뿐만 아니라, 공공임무를 위한 활용성이 증대되는 상황에서 무인이동체의 안전확보가 필수적인 상황이다. 본 논문을 통해 활용된 위험분석 방법 및 그에 따른 결과로 도출된 안전요구사항들이 향후 무인이동체의

설계에 반영하여 설계단계에서 무인이동체에 대한 안전을 확보하는데 도움이 되길 바란다.

감사의 글

본 논문은 과학기술정보통신부/산업통상자원부/국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 19DPIW-C153651-01)

참고문헌

- [1] 항공우주연구원, “4차 산업혁명의 도래와 드론”, Aviation Issue No.13, pp. 1-5, 1월, 2017년
- [2] JARUS, ‘UAV Operational Categorization’, Edition 1.0, 2019년
- [3] 국토교통부, ‘항공안전법 시행규칙’, 2020년 2월 개정
- [4] JARUS, ‘Specific operations Risk Assessment(SORA)’, 2.0, 2019년
- [5] European Union Aviation Safety Agency, ‘Acceptable Means of Compliance(AMC) and Guidance Material(GM) to Commission Implementing Regulation(EU)’, Issue 1, 2019년
- [6] 국토교통부, ‘무인비행장치 특별비행을 위한 안전기준 및 승인절차에 관한 기준’, 2019년