

드론 EMC 기술 분석

유 태 훈\* · 정 기 범\*\*

동양미래대학교\* · (주)이엔알텍\*\*

I. 서 론

2016년 8월 29일 미국연방항공청(FAA)은 상업용 드론의 이용을 촉진하기 위해 드론(무인항공기) 규제를 완화하는 운항규정을 발표하였다. 얼마 후인 12월 14일에 미국 전자상거래 기업 아마존은 영국에서 드론을 이용해 첫 상업적 배송에 성공했다는 소식을 알린 데 이어, 상공에 비행 물류창고를 설치하여 이곳에 제품을 보관하고 있다가 주문이 들어오면 드론으로 제품을 배송한다는 구상을 담은 특허를 신청했다. 이밖에 세븐일레븐, DHL 등의 업체도 드론을 이용한 배송에 연달아 성공하면서 본격적인 드론 상업화 시대가 열리고 있다. 안보를 중요시해야 하는 특수한 상황으로 인해 상업용 드론에 대한 규제 완화가 더딘 편인 우리나라에서도 이러한 시대 변화를 인식하여 드론 산업 발전을 위한 대책을 수립하고 있다. 2016년 6월 30일 미래창조과학부는 무인기 분야의 기술개발 지원, 인프라 확충, 주파수 분배 및 기준 마련, 법·제도 개선, 인력 및 저변확대 등의 추진전략을 담은 ‘무인이동체 발전 5개년 계획(2016~2020)’을 발표하였다. 또한 국토교통부는 2017년 1월 5일 드론 산업 활성화를 위해 건설·수자원·도로·철도·국토조사 등 국토교통 및 산림·경찰·소방 등 공공 활용 수요를 발굴해 국가·공공기관 드론 활용분야에 향후 5년간 약 3,000여대의 드론 수요를 창출하겠다는 내용을 담은 ‘2017년 국토교통부 업무계획’을 발표하였다. 이 계획에 따르면 그동안 금지돼 왔던 드론의 야간비행, 조종자 가시권 밖 비행(대략 1 km 이상), 150 m 이상 고고도 비행 등이 단계적으로 허용될 예정이다.

본 원고에서는 세계 여러 나라에서 새로운 산업혁명을 주도할 핵심 분야로 선정하여 기술 및 서비스 개발에 역량을 집중하고 있는 드론의 안전성 및 보안성을 확보하는 데 필요한 EMC 기술을 살펴본다. 이를 위해 2장에서는 드론을

전반적으로 소개하고, 3장에서는 드론에 사용되는 요소기술을 살펴본다. 4장에서는 3장에서 살펴본 드론의 요소기술들을 EMI와 EMS 관점에서 분석하여 드론의 기능성과 안정성을 보장하고, 위험을 관리하는 데 필요한 EMC 기술에 대해 알아본다.

II. 드론의 개요

드론(drone)의 정식 명칭은 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle; UAV)로 일정한 임무를 수행하기 위하여 조종사가 탑승하지 않고 지상에서 원격으로 조종하거나, 사전에 입력된 임무 프로그램으로 주위환경을 인식하고 판단하여 스스로 비행하는 비행체를 말한다<sup>[1]</sup>. 미국 국방장관실에서 발간한 ‘무인항공기로드맵(UAV roadmap)’에서는 “인간 조종사를 태우지 않고, 공기 역학적 힘을 사용하여 자율적 혹은 원격 조종을 통해 비행하며, 일회 사용 또는 재사용할 수 있고, 치명적 또는 비치명적 화물을 탑재할 수 있는 동력 비행체를 의미한다. 한편, 탄도 또는 준 탄도 비행체, 크루즈 미사일 및 포 발사체는 무인항공기로 간주되지 않는다.”고 정의하고 있다<sup>[2]</sup>.

드론을 분류하는 방식은 아직까지 국제적으로 명확하게 정해져 있지는 않은데, 일반적으로 군사적 용도, 비행체의 크기, 비행반경, 비행고도, 임무, 이착륙 방식 등에 따라 다양하게 분류될 수 있다<sup>[3][4]</sup>.

드론을 구성하는 주요 부분을 살펴보면 비행제어부(flight controller), 전자속도제어부(electronic speed controller), 무선수신부(radio receiver), 모터(motor), 프로펠러(propeller), 기체(airframe) 또는 동체(fuselage)가 있다. 여기에 기압계, 초음파 센서, 지자기 센서, 라이더(lidar, 레이저레이더), 합성개구레이더(SAR) 등 각종 센서와 촬영용 카메라, 짐벌(gimbal), 포

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음[B0138-16-1001, EMC기술지원].

자 채집기(spore trap), 가스분석기, 농약 살포기, 로봇 팔 등의 페이로드가 추가로 탑재되기도 한다<sup>[5],[6]</sup>.

드론 이용의 유연성과 기능의 확장성을 좌우하는 플랫폼에는 하드웨어 또는 소프트웨어의 변경과 기능 추가를 제조업체만이 독자적으로 수행하는 폐쇄형 플랫폼과, 사용자가 할 수 있는 개방형 플랫폼이 있다. 보안성과 안전성의 측면에서는 폐쇄형이 유리하지만, 드론 이용의 활성화와 기술의 발전이라는 관점에서는 개방형이 유리하다.

드론 운용 시스템은 임무를 수행하는 드론, 드론의 비행과 임무를 제어하는 지상관제시스템(Ground Control System; GCS), 드론과 지상관제시스템을 이어주는 무선통신시스템으로 구성되어 있다<sup>[2]</sup>. 드론이 액세스포인트(access point)로 동작하고, 지상관제시스템이 게이트웨이(gateway)의 역할을 하여 데이터 네트워크를 구축하는 것도 가능하다<sup>[7]</sup>. 현재 드론과 지상관제시스템 사이의 무선 통신에는 433 MHz, 900 MHz, 1.3 GHz, 2.4 GHz, 5.8 GHz 등의 여러 주파수대역에서 블루투스, 와이파이(WiFi), 지그비(Zigbee), 셀룰러 시스템(3G, 4G), 위성통신 등의 다양한 통신방식이 사용되고 있다.

### Ⅲ. 드론의 요소기술

드론을 제작하여 하늘에 띄운 다음 임무에 따라 운항을 제어하고 동작을 통제하기까지의 모든 과정에서 사용되는 드론 관련 기술을 살펴보기 위해 <표 1>과 같이 항법, 센서, 통신, 플랫폼, 기타 분야로 나누어 분야별 요소기술을 분석해 보았다.

먼저 드론 자율항법 기술은 사람에 의한 원격조정 없이 무인항공기가 안정적인 상태로 유지하면서 목적지로 이동할 수 있도록 하는 기술이다. 여기에는 안정된 비행자세를 유지하고 복원하는 드론 자세제어기술, 자동조정(autopilot)과 항법유도(navigation and guidance)를 사용하여 목표지점까지 주어진 경로를 따라 오차 없이 비행을 가능하게 하는 드론경로제어기술, 드론 이착륙 기술 등이 포함된다<sup>[1],[8]</sup>.

드론의 장애물 탐지 및 회피기술은 드론에 탑재된 각종 센서들을 이용해 장애물을 탐지하고, 충돌 위험이 있는 경우 스스로 이를 회피하는 기술로, 패턴인식 기술과 인공지능 기술이 여기에 포함된다. 또한 드론의 장애물 탐지 및 충돌

회피 기술은 탑재기반기술과 지상기반기술로 분류할 수 있으며, 탑재기반 기술은 다른 비행체와의 정보교환 여부에 따라 협력(cooperative) 기술과 비협력(non-cooperative) 기술로 구분할 수 있다. <표 2>에 이 내용을 간추려 나타내었다<sup>[1]</sup>.

<표 1> 드론의 요소기술

분야	요소 기술
항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 드론 자율 항법 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 드론 자세 제어 기술: 안정된 비행자세 유지 및 복원</li> <li>- 드론 경로 제어 기술: 자동조정 및 항법유도</li> <li>- 드론 이착륙 기술</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 드론 장애물 탐지 및 회피 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서 획득정보를 이용하여 드론의 비행을 가로막는 장애물을 감지하고 회피하는 기술</li> <li>- 패턴 인식 기술</li> <li>- 인공지능 기술</li> </ul> </li> </ul>
센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 드론 탑재 센서 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 드론에 다양한 센서를 탑재하고, 이를 통해 영상을 비롯한 다양한 정보를 획득하는 기술</li> </ul> </li> </ul>
통신	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 드론 관제 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 드론의 관제를 위해 필요한 통신 기술</li> <li>- 통합 항공 교통관리 기술</li> <li>- 드론 항재밍/항기만 기술: 드론 보호 및 보안</li> </ul> </li> </ul>
플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 드론 운용 소프트웨어 플랫폼 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 드론의 제어 및 임무 수행을 위한 고신뢰 실시간 OS와 상호 운용성(interoperability) 지원 개방형 S/W 플랫폼 및 표준 인터페이스 기술</li> <li>- 인공지능, 빅 데이터 처리 등 응용 S/W 기술</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 드론 하드웨어 플랫폼 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다기능 초경량 소재 및 구조물 기술</li> <li>- 임무별 탑재체 설계 기술</li> <li>- 무인기 액추에이터(actuator) 및 기계/전기 기술</li> <li>- 다중물리 설계기술(드론 비행체 통합설계기술)</li> <li>- 설계 자동화 기술</li> </ul> </li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 드론 부작용 방지 기술 (역기능 예방 기술)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사생활 침해 방지 기술</li> <li>- 추락 등 안전사고 방지 기술</li> <li>- 드론 방비(anti-drone) 기술</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 드론 동력원 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 친환경적 고성능·고효율 동력원 기술</li> </ul> </li> </ul>

<표 2> 드론 장애물 탐지 및 충돌회피 기술 분류<sup>[1]</sup>

기술구분		센서	비고	
탐재 기반	협력	TCAS	- 모든 항공기 장착 필요	
		ADS-B	- 지상 장애물 감지 불가	
	능동형	Radar	- 악시계조건 운용 가능 - 고가, 고중량, 고전력	
		Laser		
		Sonar		
	비협력	수동형	Motion detection	- 시계조건에 성능 민감 - 충돌탐지 알고리즘 개발 어려움
			Electro-optical	
		Infrared	- 상대거리 탐지 곤란	
		Acoustic	- 무인기 자체 및 바람 등 주변소음 처리 필요	
	지상기반		3D Radar	- Radar로 탐지되는 제한 지역에만 적용 가능

드론탐재센서 기술은 드론의 안전한 운항지원과 임무수행을 위해 드론에 탑재된 센서를 사용하여 영상을 비롯한 다양한 정보를 획득하는 기술이다. 드론에 탑재되는 대표적인 영상획득용 센서로는 EO(Electro-Optical) 센서, IR(Infrared) 센서, SAR(Synthetic Aperture Radar)를 들 수 있다. 이중 EO 센서는 상대적으로 제작이 용이하고, 영상의 처리와 판독도 쉬운 편이어서 현재까지 가장 널리 사용되고 있지만, 야간에는 사용이 곤란하기 때문에 물체에서 발생하는 열을 감지하여 영상화하는 IR 센서가 함께 사용되고 있다. IR 센서 역시 제작이 쉬운 편이라 널리 사용되고 있지만, 기상조건이 좋지 못하면 양호한 영상을 얻을 수 없다는 단점이 있다. SAR는 빛을 이용하는 EO와 IR 센서와 달리 전자파를 이용하므로 낮뿐만 아니라 밤에도 관심지역을 관측할 수 있고, 눈, 비, 안개, 구름 등의 기상 상황에 관계없이 전천후로 영상을 얻을 수 있다. 또한 전자파의 주파수나 편파 등을 다르게 하면 더욱 다양한 정보를 영상으로부터 추출해낼 수 있다<sup>[1]</sup>.

드론관제기술에는 드론의 관제를 위해 필요한 고신뢰도의 통신링크 제어기술, 현재와 차세대의 항공교통을 통합 관

리하는 기술, 드론의 보호 및 보안을 위한 드론 항재밍(anti-jamming) 및 항기만(anti-deception) 기술이 포함된다<sup>[1]</sup>. 드론에 탑재된 각종 센서들은 다양한 외부환경변화를 감지하는 기능을 수행하므로 본질적으로 자연적으로 발생하는 전자파 노이즈(noise)나 재밍(jamming)과 같은 인공적인 전자파 방해신호 공격에 취약할 수밖에 없다. 또한 지상관제시스템(GCS)과 드론 사이의 무선통신링크 또한 외부에 개방되어 있으므로 보안 공격에 취약하며, 그 결과로 드론 운용 시스템의 기밀성(confidentiality), 무결성(integrity), 유효성(availability)이 훼손될 수 있다. 이 가운데 지상관제시스템 대상 공격은 대부분 소프트웨어를 기반으로 한 바이러스, 맬웨어(malware), 트로이목마, 키로거(key logger) 등이며, 드론과 통신링크 대상 공격은 재밍, 해킹, 도청, 스푸핑(spoofing, 데이터 바꿔치기), 미코닝(meaconing, 시간차 전송), 크로스 레이어(cross layer) 공격, 다중 프로토콜 공격 등이 있다<sup>[2]</sup>.

드론 운용 소프트웨어 플랫폼 기술은 높은 신뢰성을 갖는 운영체제(OS)를 바탕으로 각종 임베디드 응용 소프트웨어를 구동하여 드론의 비행과 임무수행을 제어하는 기술이다. 드론 산업의 발전을 위해서는 드론 상호간 또는 드론과 다른 기기간의 상호운용성(interoperability)을 지원하는 개방형 소프트웨어 플랫폼이 요구된다. 다양한 드론 생태계가 등장하면 표준화된 개방형 플랫폼을 제공해야 할 필요성이 커진다. 개방형 소프트웨어 플랫폼에서는 표준화된 응용 프로그램 인터페이스(Application Programming Interface; API)를 이용하여 사용자가 각종 응용 소프트웨어를 추가, 변경할 수 있으며, 에뮬레이션 환경을 이용하여 소프트웨어의 유효성을 검증할 수 있다. 최근 몇 년 동안에 고성능 병렬계산 프로세서의 개발, 빅 데이터(big data) 처리기술의 향상, 인공지능 학습 알고리즘[심층신경망(deep neural network) 기반 심층학습 알고리즘]의 개선이 급속하게 이루어지면서 인공지능(artificial intelligence)이 여러 분야에 적용되고 있다. 드론에 이러한 인공지능 기능을 적용하고, 여기에 빅 데이터 처리 기술을 접목시켜 드론 스스로 형상, 물체, 사람 등을 인지하고, 시시각각 발생하는 상황에 맞춰 최적의 행동을 수행하게 하는 응용 소프트웨어 기술 개발을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

드론 하드웨어 플랫폼 기술은 드론 비행체의 효율적이고

안정적인 운항을 위한 드론 비행체의 설계, 제작에 관련된 기술로 여기에는 다기능·초경량 소재 및 구조물 기술, 임무별 탑재체(페이로드) 설계 기술, 무인기 액추에이터(actuator) 및 기계·전기 기술, 다중물리(multi-physics) 설계 기술(드론 비행체 통합 설계 기술), 설계 자동화 기술 등이 포함된다<sup>9)</sup>. 다기능 초경량 소재 및 구조물 기술을 좀 더 세분화해보면, 정해진 배터리 수명 조건 하에서 드론이 오랜 시간 상공에 머물며 임무를 수행할 수 있도록 드론 동체 및 탑재 구조물의 재료로 탄소섬유 등 가벼우면서도 강한 소재를 개발하는 경량 및 내구성 소재 기술과, 특정 주파수의 전자파를 반사, 투과, 흡수할 수 있도록 드론 동체 및 탑재 구조물의 재료로 주파수 선택 표면(Frequency Selective Surface; FSS), 투명 차폐(transparent shielding), 전자파 흡수 등의 특성을 가진 소재를 개발하고 설계하는 전자파 제어 소재 기술이 있다. 임무별 탑재체 설계 기술은 군사, 촬영, 배달, 정찰, 농약 살포, 공기질 측정 등 드론 용도에 따른 임무를 수행하는 데 필요한 각종 장비(탑재체)를 설계, 제작, 설치하는 기술이다. 무인기 액추에이터(actuator) 및 기계·전기 기술은 드론 프로펠러, 탑재체를 구동시키는 데 사용되는 정밀 모터, 압전 액추에이터 등의 기계 장치 및 이를 제어하는 전기 장치를 설계하고 개발하는 기술이다. 다중물리 설계 기술은 드론 비행체를 구성하는 전기, 전자, 기계, 재료, 화학 등의 여러 분야의 다양한 부품(component), 하위 시스템(sub-system), 시스템(system), 상호접속(interconnect) 등의 하드웨어를 통합 설계하는 드론 비행체 통합설계 기술을 말한다. 설계 자동화 기술은 드론의 품질 향상을 위해 드론 비행체의 설계에서 제작까지 모든 과정을 자동화하는 기술이다.

드론은 군사용, 산업용, 상업용, 민간용으로 응용분야가 다양하고 활용성이 높은 만큼, 그 역기능 또한 만만치 않으므로 드론 운용에 따른 부작용을 방지할 수 있는 여러 가지 대책 기술이 필요하다. 드론 부작용 방지 기술에는 사생활 침해 방지 기술, 추락 등 안전사고 방지 기술, 드론 방비(anti-drone) 기술 등이 포함된다. 사생활 침해 방지 기술로는 개인의 프라이버시를 보호하기 위해 비행금지 구역을 설정하거나 얼굴을 알아볼 수 없도록 소프트웨어로 모자이크 처리해 주는 기술 등을 들 수 있다. 추락사고 방지 기술은 드론용 에어백이나 낙하산 등의 안전장치로 추락에 의한 안전

사고를 방지하는 기술이며, 안티 드론 기술은 드론의 비행을 통제하기 위해 드론을 강한 전자파, 레이저 등으로 저격하여 격추하는 기술, 드론을 그물 등의 장치로 포획하는 기술, 드론의 통제권을 전자파나 해킹을 이용하여 빼앗는 기술 등을 말한다.

드론 동력원 기술은 드론의 비행시간을 늘리기 위해 동력원인 배터리의 용량에 영향을 주지 않으면서 배터리 자체의 무게를 줄이는 고성능·고효율 동력원 기술을 말하는 것으로, 특히 극한 환경에서 사용되는 드론(예를 들어 성층권 장기 체공 무인기 등)의 경우에는 극한 온도 조건을 견디내는 내구성과 신뢰성을 가진 동력원이 필요하다. 여기서 중요한 것은 이러한 동력원이 친환경적이어야 한다는 점이다. 온실가스 배출에 따른 지구온난화와 기후변화가 글로벌 이슈로 떠오르면서 세계 각국은 앞 다퉈 이산화탄소 배출 규제를 강화하고 있다. 이에 따라 온실가스 및 유해한 성분을 배출하지 않는 친환경 첨단 동력원 기술 개발의 열기가 뜨겁게 달아오르고 있는데, 이 가운데 대표적인 것이 수소연료전지 기술과 태양전지 기술이다.

#### IV. 드론의 EMC 기술

3장에서는 드론 및 그 운용시스템에서 사용되는 요소기술들에 대해 살펴보았다. 군사 분야를 넘어 상업 및 민간 분야에서 활용 범위를 더욱 넓히기 위해서는 기능적인 면에서 우수한 성능을 발휘할 수 있어야 하지만, 이와 함께 기술의 신뢰성과 운용상의 안전성이 확실히 확보되어야 한다. 특히 드론 비행체 자체에는 많은 전자부품, 기계부품, 다양한 센서들이 존재해 있고, 드론의 운항은 무선통신링크를 통해 제어되는 방식이므로 본질적으로 전자파 장해(EMI) 문제와 전자파 보안문제에 그대로 노출될 수밖에 없다. 전자파 장해로 인해 드론이 추락하게 되면 인명사고나 재산상의 손실이 발생하고, 전자파 보안공격에 의해 드론의 수집정보나 드론의 운항제어 권한을 탈취 당하면 여러 가지 보안상의 피해를 입을 수 있다. <표 3>은 앞에서 분석한 드론 요소기술의 신뢰성, 안전성, 보안성을 확보하기 위해 필요한 핵심 설계기술과 관련 EMC 기술을 간추려 정리한 것이다.

드론과 관련된 핵심기술로 저전력, 고밀도 센서회로 설

〈표 3〉 드론 EMC 기술

분야	핵심기술	관련 EMC 기술
센서	저전력/고밀도 센서회로 설계기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전원무결성(Power integrity) 설계기술</li> <li>- 신호무결성(Signal integrity) 설계기술</li> <li>- 전자파 방사 내성(Radiated immunity) 설계기술</li> <li>- 다중물리 시뮬레이션(Multi-physics simulation) 기술</li> <li>- 정전기 방전(Electrostatic discharge) 설계기술</li> <li>- 센서 모듈별(카메라, SAR, Lidar 등) EMC 설계기술</li> </ul>
항법 및 플랫폼	지능형 드론 S/W 설계기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서, 하드웨어 오동작 보정 알고리즘 설계기술</li> <li>- 운용자 실수 보정 알고리즘 설계기술</li> <li>- 인공지능/빅데이터 처리기술 접목 임무수행 알고리즘 설계기술</li> <li>- 센서 퓨전(Sensor fusion) 알고리즘 설계기술</li> <li>- 기능안전성 확보를 위한 EMC(EMC for functional safety) 설계기술</li> </ul>
	저전력/고밀도 드론 H/W 및 비행체 설계기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부품별 EMC 설계기술</li> <li>- 저전력, 고밀도 PCB 설계기술</li> <li>- 아날로그/디지털/IC/Module이 혼재된 혼성회로(Mixed circuit) 설계기술</li> <li>- 고속 Interconnect 설계기술</li> <li>- 전자파 차폐 및 내성 설계기술</li> <li>- 정전기 방전(Electrostatic discharge) 설계기술</li> <li>- 주파수 선택 표면(FSS) 설계기술</li> <li>- 초경량 차폐 소재 제조 기술</li> <li>- 다기능 차폐 소재 제조 기술</li> <li>- 능동차폐(Active shielding) 설계기술</li> <li>- 투명차폐(Transparent shielding) 설계기술</li> <li>- 다중물리 시뮬레이션(Multi-physics simulation) 기술</li> <li>- 기능안전성 확보를 위한 EMC(EMC for functional safety) 설계기술</li> </ul>
통신	고신뢰도 통신링크 설계기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RFI 대책 기술</li> <li>- Intentional EMI 대책기술</li> <li>- 사이버 공격 대책기술</li> <li>- 통신링크 이중화 설계기술</li> </ul>

계기술을 들 수 있다. 드론이 임무를 성공적으로 수행하는

데 영향을 주는 중요한 요소로 비행시간을 들 수 있다. 정해진 배터리 용량에 대해 비행시간을 늘리기 위해서는 드론에 사용되는 각종 부품들의 저전력화, 경량화가 요구된다. 이를 위해서는 가속도센서, 자이로센서, 지자기센서, 광학흐름센서(optical flow sensor), 열센서, 고도센서, 초음파센서, GPS, SAR, LiDAR에서 카메라에 이르기까지 드론의 위치(position)를 측정하고, 물체의 유무(presence)와 근접 여부(proximity)를 감지하는 각종 센서 및 그 주변회로의 저전력화와 고밀도 집적화는 필수적이라 할 수 있다. 이러한 경우에는 센서 및 주변회로에 대해, 외부의 전자기 간섭(전자파 장애, EMI)은 물론, 내부적으로 발생하는 상호 전자기 간섭을 방지하기 위한 EMC 설계가 더욱 중요해진다. 저전력과 고밀도에 따른 전자파 내성을 향상시키려면 전원무결성(Power Integrity; PI) 설계, 신호무결성(Signal Integrity; SI) 설계, 전자파 방사 내성(radiated immunity) 설계가 필요하다. 또한 이들 센서는 저마다 전기, 자기, 기계, 열, 빛 등 다양한 물리량을 감지하므로 상호간의 간섭으로 인해 발생하는 오동작을 다중물리 시뮬레이션(multi-physics simulation) 기법을 통해 미리 예측해 이를 설계에 반영하는 것이 좋다. 한편, 고가의 고성능 드론의 경우에는 센서 및 주변회로가 제대로 동작하지 않는 경우에도 여러 가지 하드웨어 안전장치와 소프트웨어 알고리즘 개선을 통해 안전사고를 방지할 수 있지만, 저가의 상업용 또는 민간용 드론은 가격상승으로 인해 이렇게 하는 것이 거의 불가능하다. 저가의 드론인 경우에는 각 센서 모듈의 신뢰성에 의존할 수밖에 없으므로 센서 모듈별로 EMC를 고려한 설계가 이루어지는 것이 중요하다고 할 수 있다. 또한 드론이 상공을 비행하는 과정에서 다양한 입자와의 마찰로 인해 드론 비행체는 정전기방전(ESD)의 위험에 노출되기 쉬우므로 이를 고려한 EMC 설계도 필요하다.

드론 비행체를 제어하는 하드웨어 회로의 경우에도 저전력과 고밀도는 피해갈 수 없는 제약사항이므로 센서회로의 EMC 대책 기술의 대부분이 여기에도 적용된다. 따라서 EMC를 고려한 저전력, 고밀도 PCB 설계기술, 아날로그와 디지털, IC칩과 각종 모듈기판이 뒤섞여 있는 혼성회로(mixed circuit)를 설계하는 기술, 여러 보드, 장치, 모듈 사이의 신호송수신을 위한 고속 Interconnect 설계기술 등 전자파 내성 및 차폐 설계기술이 필요하다. 또한 드론 비행동체(fuselage)

에 대해서는 드론이 오랜 시간 비행을 하며, 임무를 수행할 수 있도록 가벼우면서도 차폐효과가 우수한 소재를 제조하는 기술, 특정 주파수의 전자파를 반사, 투과, 흡수할 수 있는 주파수 선택 표면(FSS)을 설계하는 기술, 투명차폐(transparent shielding) 설계기술, 능동차폐(active shielding) 설계기술 등의 EMI 차폐기술을 적용할 수 있다. 드론 하드웨어 회로는 센서회로와 함께 비행 동체에 장착되므로 여기서도 다중물리 시뮬레이션을 통해 드론 비행체 통합 설계를 효율적으로 수행해야 한다. 드론에는 다양한 부품, 장치, 기술이 유기적으로 결합되어 있으므로 이들 중 일부에 오류, 고장, 오동작이 발생하면 안전(safety)에 큰 문제가 발생할 수 있다. 따라서 오류, 고장, 오동작이 발생한 경우에도 실제로 안전 문제가 발생하기 전에 이를 보정하거나 차단하는 기능안전 설계(functional safety design)가 필요하다. 특히 저전력, 고밀도, 첨단기술(무선, 고속데이터 처리 등)이라는 드론 특유의 특성으로 드론은 전자파 장애(EMI)의 위험성에 노출될 수밖에 없으므로 기능안전성 확보를 위한 EMC(EMC for functional safety) 설계기술을 적용할 필요가 있다. 이를 위해서는 전체 드론 시스템에 대해 EMI에 의한 위험요인분석(hazard analysis)과 위험평가(risk assessment)를 수행해야 한다. 참고 문헌 [10]에는 EMC와 관련하여 위험평가를 적용하는 방법이 소개되어 있다.

드론 운용 소프트웨어의 경우에는 각종 센서에서 수집한 빅 데이터를 인공지능과 접목하여 처리하는 임무수행 알고리즘 설계기술, 여러 센서들로부터 들어오는 각종 데이터를 합성하는 센서 퓨전(sensor fusion) 알고리즘 설계기술이 필요하다. 또한 드론 운용 소프트웨어에 대해서도 센서와 주변회로의 오동작을 보정하는 알고리즘 설계기술과 운용자의 실수를 보정하는 알고리즘 설계기술을 바탕으로, 하드웨어와 연계하여 EMI에 대한 기능안정성을 확보하는 EMC(EMC for functional safety) 설계기술을 적용할 필요가 있다.

드론과 지상관제시스템 사이의 통신은 무선링크를 통해 이루어지므로 외부로부터의 RFI와 의도적 EMI에 대한 대책 기술이 필요하다. 또한 재밍, 해킹, 도청, 스푸핑(spoofing), 미코닝(meaconing), 크로스 레이어 공격, 다중 프로토콜 공격 등 다양한 사이버 공격에 대한 대책기술을 수립해야 한다. 아울러 드론 운용 중에 지상관제시스템과의 무선통신이 중단

되는 일이 발생하지 않도록 복수의 통신수단을 서로 중첩시키는 통신링크 이중화 설계기술 등도 고려할 필요가 있다.

## V. 결 론

지금까지 드론의 개요와 드론에 사용되는 요소기술, 그리고 드론의 기능성(functionality)과 안전성(safety)을 확보하는 데 필요한 EMC 기술에 대해 살펴보았다. 첨단기술을 사용하여 저전력의 각종 부품과 장치를 고밀도로 집적화한 드론 비행체가 혹독한 전자파 환경과 자연환경에서 장시간 임무를 정상적으로 수행하기 위해서는 드론 제작의 초기단계부터 EMC 설계기술의 적용이 필수적이다. 군용을 비롯하여 특수임무용으로 제작된 고가의 드론의 경우에는 기능성과 안정성을 위한 각종 하드웨어 장치 및 소프트웨어 기능을 보유하고 있지만, 상업용이나 민간용 드론의 경우에는 개별 부품의 신뢰성에 의존하는 것이 불가피하다. 따라서 양호한 EMI/EMS 성능을 가진 부품의 개발이 요구된다. 드론이 비행 중에 강한 전자파에 의해 간섭을 받는 상황을 최소화할 수 있도록 드론 비행 지역에 대한 정밀 전파환경지도를 제작, 활용하는 대책을 드론 자체에 대한 전자파 내성 대책과 병행하면 드론의 안전성을 확보하는 데 도움이 될 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 정훈, 이현규, "드론을 이용한 물류서비스 추진 방향", 우정경영연구소, 101, pp. 13-39, 2015년.
- [2] 손성화, 강진혁, 박경준, "드론 무선통신의 개요 및 이슈", 한국통신학회지(정보와 통신), 33(2), pp. 93-99, 2016년 1월.
- [3] 임베디드소프트웨어·시스템산업연합회, "드론의 기술 및 시장 트렌드와 무한한 기회", KESSIA ISSUE REPORT, pp. 5-8, 2015년 6월.
- [4] 최영철, 안효성, "드론의 현재와 기술 개발 동향 및 전망", 대한전기학회(전기의세계), 64(12), pp. 20-25, 2015년 12월.
- [5] 한국정보통신기술협회, "ICT DIY-제16부: 드론 제작 요 구사항", pp. 2-3, 2015년.

[6] 포커스뉴스, "드론 기술의 미래", <http://www.focus.kr>, 2016년 4월.  
[7] 박성준, 이지연, 김황남, "Net-Drone: 드론 편대를 통한 네트워크 인프라 구축", 한국통신학회지(정보와통신), 33(2), pp. 107-116, 2016년 1월.  
[8] 이주현, 김태화, 김재원, "수자원 및 하천관리 분야의 드

론(초경량무인비행장치) 활용방안", 물과 미래, 49(3), pp. 63-73, 2016년 3월.  
[9] 윤광준, "드론 핵심 기술 및 향후 과제", 한국광학기기협회(광학세계), pp. 52-54, 2015년 7월.  
[10] K. Armstrong, "Including EMC in risk assessment", *IEEE International Symposium on EMC*, pp. 796-801, Jul. 2010.

≡ 필자소개 ≡

유 태 훈



1985년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
1987년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
1987년 2월~1993년 2월: 삼성전자 정보통신연구소 연구원  
2000년 8월: 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 (공학박사)  
2003년 7월~2004년 8월: 미국 Syracuse 대학교

방문교수

1993년 3월~현재: 동양미래대학교 정보통신공학과 교수

[주 관심분야] 전자기해석, 초고주파 회로 해석 및 설계, 안테나 해석 및 설계, EMI/EMC

정 기 범



1999년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학사)  
2001년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학석사)  
2004년 4월~2008년 6월: (특)한국전파진흥협회 전자파기술원  
2013년 2월: 한양대학교 전파공학과 (공학박사)  
2008년 6월~현재: (주)이엔알텍 사장

[주 관심분야] EMI/EMC, EFS(EMC for Functional

Safety), 전자기해석, 철도 EMC, 자동차 EMC, PCB 및 회로 설계 및 대책