

新 산업 · 생활 전파 정책 - 무인이동체를 중심으로 -

조 민 영

과학기술정보통신부

I. 서 론

4차 산업혁명 시대의 핵심 서비스를 언급할 때 자율주행 자동차를 이용한 차량공유서비스와 드론을 이용한 배달 서비스는 빠지지 않는 단골 사례이다. 전파는 자율주행자동차가 안전정보를 수집하기 위해 필요한 통신네트워크와 고해상도 센서 구현에 필수적인 자원이며, 드론이 이용하는 전파의 대역폭, 출력 등은 드론 제어와 영상전송에 중요한 요소이다. 따라서 4차 산업혁명 실현을 위해서는 기술발전에 선행한 전파자원의 공급이 필수적이다.

전파를 이용하는 무선설비는 전파간섭 없는 안정적인 사용을 위해 개별 무선국마다 허가를 받는 것이 원칙이다. 그런데 무선기기의 적합성평가만 통과하면, 똑같은 기준으로 수천·수만대의 무선설비를 제조·판매할 수 있는 unlicensed 주파수 대역이 있다. 무선국 허가절차 없이 자유롭게 전파를 사용하되, 전파간섭을 서로 용인하면서 주파수를 공동으로 사용하는 방법이다. 우리나라에서는 이렇게 이용할 수 있는 주파수 대역과 기술기준을 「신고하지 아니하고, 개설할 수 있는 무선국용 무선설비 기술기준」이라는 행정규칙에 명시하고 있다. 적합성 평가만 받으면 주파수를 자유롭게 사용할 수 있는 unlicensed 대역의 장점은 초연결 시대에 더욱 부각되고 있다. WiFi, Bluetooth, 체내이식용 무선의료기기, RC카 같이 우리 일상생활에서 널리 사용되는 무선기기는 물론이고, 자율주행차의 센서, 드론·로봇 제어 및 영상전송, 스마트 시티·공장의 네트워크까지 4차 산업혁명을 실현하는 최첨단 기기 및 서비스에 널리 활용되는 주파수 대역이 바로 unlicensed 대역이다.

본 논문에서는 자율주행차, 드론과 같은 무인이동체를 중심으로 하여 국내외 주파수 공급 및 기술기준 관련 이슈와 이에 대한 정부의 정책방향을 소개하고자 한다.

먼저, 세계 최초 상용화를 목표로 국내 5G 주파수 경매가 지난 6월에 시행되었다. 5G 통신망 킬러서비스의 대

표 사례로 자율주행자동차가 언급되고 있다. 자율주행자동차가 도로를 주행하며, 생산하는 데이터는 현재 스마트폰이 생산하는 데이터와는 비교될 수 없을 정도로 고용량일 것이며, 또한 그 데이터는 안전에 필수적이기 때문에 0.01초보다 짧은 시간 내에 전달되어야 하는 즉시성이 중요하다. 따라서 차량이 자율주행을 하기 위해서는 지연을 최소화하면서도 고용량을 수용할 수 있는 무선네트워크 구축이 필요하다. 이를 실현하기 위해 어떤 주파수를 얼마의 폭으로 어떻게 이용하여 어떤 기술방식으로 망을 구축할 것인지가 전 세계적인 관심사항이자 해결해야 할 숙제이다.

다음으로 국내 드론 제조업체의 고충을 청취해 보면 빠지지 않는 건의사항이 드론 주파수 관련 사항이다. 단골 건의 목록인 드론 등록 등 관리의 필요성, 드론 보험 의무화, 드론 비행 승인 신속화 등 타 부처와 관련된 건의 사항들은 대부분 드론 개발 이후 실제 운용에서의 어려움을 호소하는 것이다. 반면에, 주파수 문제는 개발 단계부터의 고충이라 드론 산업의 근본적인 걸림돌이 될 수 있어 정부로서는 적극적으로 고충 해소방안을 찾아야 한다는 의무감이 크다. 주파수 관련 건의사항의 대부분이 2.4 GHz 대역과 5.8 GHz 대역의 출력(EIRP) 관련 사항이다. 그런데, 고충 해소를 위해 주파수 관련 건의사항을 자세히 듣고 또 묻다 보면 안타깝게도 드론 업계에서 현행 기술 기준을 잘못 알고 있는 경우가 많다. 건의하신 분들께 현행 기술 기준을 확인했는지를 문의하면 대부분은 어떻게 기술기준을 찾아보는 지조차 정보가 없는 경우가 많아 안타깝다. 국내 unlicensed 대역을 이용할 수 있는 전파 기술기준인 「신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비 기술기준」을 법제처 국가법령정보센터에서 확인하는 방법부터 해외 기준과의 비교까지 소개하도록 하겠다.

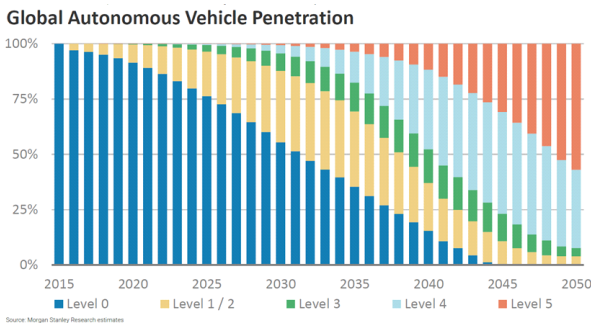
II. 자율주행시대의 정책과제

2-1 5G와 자율주행자동차

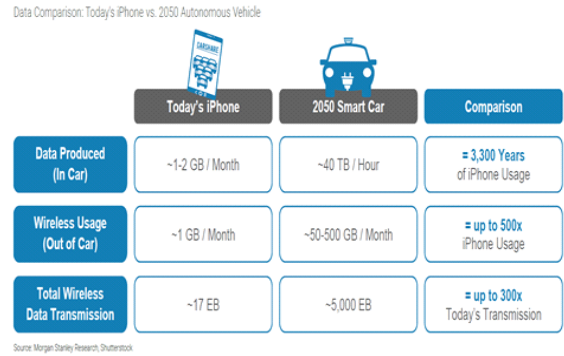
목적지만 입력하면 운전자 없이 자동차 스스로 목적지에 도달하는 자율주행차를 탈 일이 내 살아 생전에 있을까? 100세 시대 수명의 반도 안살아 본 사람들도 자율주행 실현의 가능성과 실현 시점에 대해 의문을 가진다. 그런데, Morgan Stanley Research 자료를 보면 2050년에는 도로를 다니는 차량의 60%가 미국자동차공학회(SAE)의 5단계인 완전자율주행 단계에 이를 것으로 예측되고 있다. 기술발전의 속도는 우리의 예상을 앞서 간다.

현재 스마트폰이 무선네트워크를 이용해 업로딩하는 데이터량은 많아야 1개월에 1 GHz이다. 스마트폰이 촬영한 사진을 인스타그램에 부지런히 올리거나 유튜브에 동영상 올리는 것을 즐기는 사람들이 아무리 많아진다고 해도 향후 예상되는 자율차의 데이터 업로딩 양과는 비교가 안되는 수준이다. Morgan Stanley Research 자료에 따르면 현재 iPhone 1대의 데이터 생산량은 월 1~2 GB 수준(사진, 동영상, 전화번호부 등)이며, iPhone에서 무선네트워크로 업로딩되는 데이터 양은 앞에서 언급한 바와 같이 많아야 월 1GB 수준이다.

그런데 2050년 자율주행자동차 1대의 데이터 생산량은 1시간에 무려 40 TB로 예상된다. 1개월이 아닌 1시간 기준이다. 자율주행자동차가 센서를 통해 습득한 데이터의 양이다. 이 중 무선네트워크를 통해 업로드가 되는 데이터는 월 50 GB에서 최대 500 GB에 이를 것으로 전망되며, 2050년 전 세계의 무선네트워크를 이용한 데이터 전송량은 5,000 EB로 현재 데이터 전송량의 300배에 이를 것으로 전망된다.



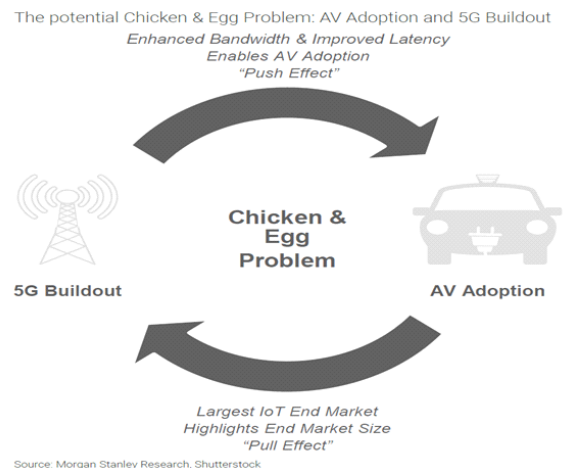
[그림 1] 자율주행 단계별 전 세계 자율주행차 보급 전망(출처: Morgan Stanley Research)



[그림 2] 현재 iPhone과 2050년 자율차 데이터 사용량 비교(출처: Morgan Stanley Research)

자율자동차에서 생산되는 초고용량의 데이터를 업로딩하고, 그 데이터 중 안전과 관련된 데이터를 분석하여 다시 자율차 운영을 위해 초저지연으로 다운 로딩할 수 있는 네트워크는 5G 기술과 초광대역 주파수로만 실현될 수 있다. 5G 네트워크와 자율주행자동차의 발전은 동반성장이 필요한 불가분의 관계다. Last 1%까지 빈틈없이 커버리지를 확보하는 5G망 고도화는 자율주행자동차가 5G망을 이용하는 경우에만 의미가 있고, 반대로 자율주행자동차 기능 고도화를 위해서도 5G 이용이 필수적이다.

그런데 여기서 한 가지 의문이 생긴다. 내 자율주행자동차가 A이동통신사에 가입해서 5G 네트워크를 이용하는데, 도로 내 앞·뒤·옆의 차들은 B이동통신사, C이동통신사를



[그림 3] 5G 고도화와 자율주행자동차 성장의 관계(출처: Morgan Stanley Research)

이용한다면 자동차 사이 또 네트워크와 자동차 사이의 초저 지연 안전정보 공유가 가능할까? 상호접속이 된 네트워크라고 하더라도 각 이동사의 서버까지 다녀온 정보는 즉각적 안전정보를 필요로 하는 자율주행에 아무 소용이 없다. 0.001초 이하의 초저지연을 추구하는 자율주행자동차에서 다른 이동통신사들 간의 초저지연을 실현하는 기술은 필수적이다. 앞으로 이동통신사들이 이 숙제를 어떻게 풀어낼지 기대된다.

2-2 자율주행자동차의 현재와 미래

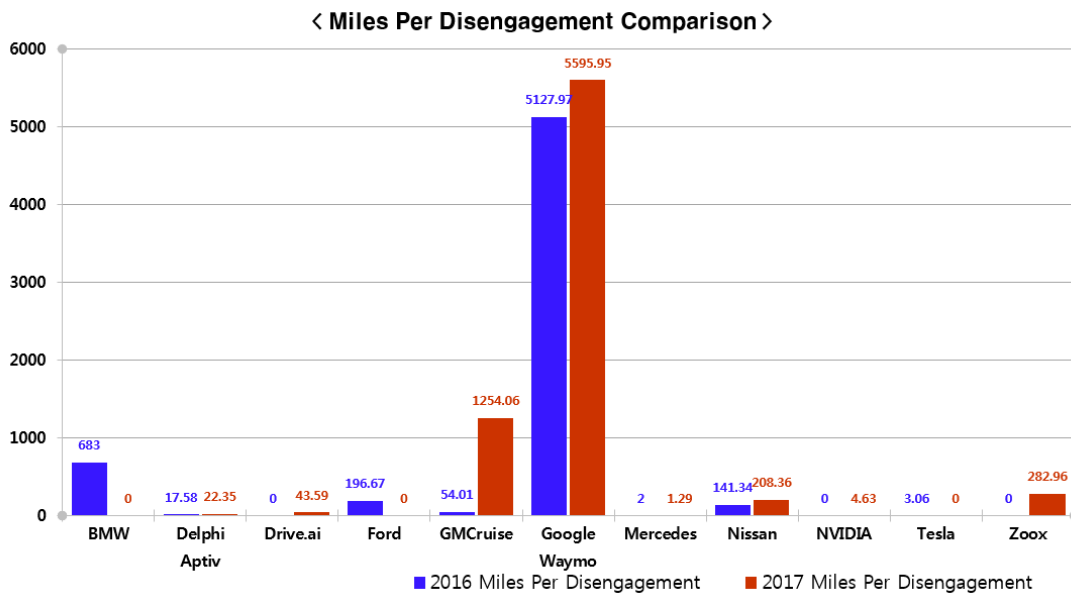
현재 세계 각국 도로에서 시범운행 중인 자율주행자동차의 대부분은 네트워크를 이용한 안전정보의 도움을 받지 않는 Stand-alone 방식의 자율주행자동차이다. 자동차 내에 탑재한 인공지능을 통해 센서에서 수집한 정보를 분석하여 조향장치, 제동장치, 엔진을 제어하는 방식으로 자율주행을 구현한다. 우리나라 네이버랩스의 자율주행차와 서울대학교 SNUvi가 대표적인 Stand-alone 방식의 자율주행자동차이다.

미국 캘리포니아 교통국에서 2016년, 2017년 발표한 자율주행기능 시범테스트 결과를 보면 구글 웨이모의 기술력이 가장 뛰어난 것으로 평가되고 있다. 평가 기준은 사람의

개입이 필요한 자율주행 시스템 해제 모드가 얼마나 많은 거리를 자율주행한 후 작동하는지이다. 웨이모는 2016년에는 5,127.97 mile 당 1번 개입, 2017년에는 5,595.95 mile 당 1번 사람의 개입이 필요한 것으로 나타나, 기술력 평가에서 압도적인 1위를 차지한다. 2위는 GMcruise로 2016년에는 54.01 mile 당 1번 개입, 2017년에는 1,254.06 mile 당 1번 개입이 필요한 성과를 보였다. 웨이모는 2018년 6월 기준 700만 mile을 시범주행하는 대기록을 세웠다. 지구 243바퀴를 돈 셈이다.

그런데, 지구 243바퀴만큼의 시범 운행이 모두 동일한 테스트 환경은 아니었으리라 생각되나, 유튜브에서 검색되는 웨이모의 자율주행 동영상을 보면, 대부분이 차량이나 사람의 통행이 거의 없는 한가로운 미국 주택가 도로에서 주행하는 장면이어서, 자율주행모드 해제없이 운행하는 거리가 긴 것이 당연한 것으로 보이기도 한다. 반면, 국내 네이버랩스나 해외 GMcruise의 자율주행 동영상은 서울 시내와 미국 샌프란시스코의 차량 밀집도가 높은 도로를 자율주행하는 영상으로, 실제 도로 환경에 적용하기 위한 현실성 있는 자율주행 테스트답다는 생각이 들게 한다.

미국자동차공학회(SAE)의 4단계 내지 5단계의 자율주행을 구현하기 위해서는 Stand-alone 방식으로는 한계가 있다.



[그림 4] 자율주행모드 해제 없이 운행한 거리 비교(출처: 미국 캘리포니아주 Department of Motorvehicle 자료를 바탕으로 도표 작성)

네트워크의 도움이 있어야 운전자의 개입없이 목적지에 도달하는 완전 자율주행 구현이 가능하다. 그 네트워크가 앞에서 언급한 5G와 신호등, 표지판, 톨링장비 등 도로시설과 연계된 지능형 교통시스템이다. 국내에서는 이미 2016년에 지능형 교통시스템용 주파수 대역 5,855~5,925 MHz를 공급했다. 이 대역은 10 MHz 폭으로 7개 채널이 있는데, 그 주파수의 이용 기술에 대해 전 세계 국가가 검토 중이다. 현재까지 10년 넘는 기간동안 검증된 DSRC 기술과 2017년에 표준화되어 올해 하반기에 칩이 생산될 예정인 C-V2X 기술이 경쟁을 벌이고 있다.

자동차 제조사와 소비자 입장에서는 안전을 위해 적합한 기술이 우선이겠으나, 이론상의 적합성이 아닌 충분히 검증된 기술을 우선적으로 채택하는 것이 현재까지의 흐름으로 보인다. 국내에서는 국토교통부가 2020년부터 고속도로에 DSRC 기술 기반 지능형 교통체계 서비스를 개시하기 위해 노력하고 있는데, 2020년까지 C-V2X 기술이 기술적 우위성을 충분히 보여줄 수 있을지 기대된다. 현 DSRC 기술과 LTE 기반의 V2X 기술은 이론상으로 별 차이가 없기 때문에, 19년 말에 첫 번째 표준이 나올 것으로 예상되는 5G 기반 V2X가 얼마나 우위의 기술력을 보여줄 것인지가 주목되는 부분이다.

현재는 C-V2X 기술의 충분한 검증을 기다리기에는 자율주행 인프라 구축의 수요가 너무 빠르다. 자동차에 DSRC 기반 단말 장착을 의무화하는 법령 제정을 추진(현재는 보류)했던 미국처럼 최근 유럽도 올해 말까지 법령 제정 추진 방안을 마련하겠다는 입장을 밝히고 있어, 조만간 전 세계적으로 DSRC 기반의 통신망이 구축되지 않을까 예상된다. 이런 동향을 보는 주파수 정책 당국의 입장에서는 이후 C-V2X 기술 우위가 검증된다는 전제하에 C-V2X 기술을 이용한 인프라 구축이 가능하도록 추가 주파수 수요에 대응

해야 하는 부담이 발생한다.

그런데, 최근 5GAA가 유럽에 요청한 지능형 교통체계용 추가 주파수 대역은 오랜 기간 WiFi Alliance가 WiFi 확장을 위해 각국에 요청한 대역과 동일한 대역으로 우리나라뿐만 아니라, 전 세계적으로 지능형 교통체계용으로서의 분배 결정이 쉽지 않은 대역이다.

따라서 자율주행자동차 구현을 위한 지능형교통체계용 주파수 관리 및 신규 공급은 해외 동향과 기술발전 동향을 면밀히 검토하여 결정되어야 할 과제이다.

Ⅲ. 드론 주파수 대역의 오해와 진실

3-1 드론이 활용 중인 비면허 대역

국제적 ISM 대역인 2.4 GHz와 5.8 GHz는 WiFi뿐만 아니라, 드론에서도 널리 이용되고 있는 대역이다. 그런데 이 대역의 국내 출력기준이 해외보다 낮아 이 대역을 이용하기 어렵다는 건의사항들이 접수되곤 한다.

먼저, 이런 건의는 현재 기술기준에 대한 오해에서 비롯된다. 국내 동 대역의 출력허용 기준은 유럽, 일본, 중국에 비해 높으며, 다만 미국보다는 낮다. 우리나라의 출력기준은 비교적 높으며, 결코 타국에 비해 낮은 수준이 아니다. 사용하는 대역폭마다 기준이 다르나, 대역폭 26 MHz까지는 10 mW/MHz의 안테나 공급전력과 6 dBi의 안테나 이득이 가능하다. 26 MHz를 기준으로 계산하면 총 1,040 mW까지 출력을 이용할 수 있다.

일단 현행 기술 기준을 어떻게 확인하는지부터 살펴본다. 포털 검색창에 ‘국가법령정보센터’를 검색하면 법제처에서 운영하는 사이트에 들어갈 수 있다. 여기에서 헌법부터 행정 규칙까지 국내의 모든 현행 법령과 연혁법령 검색이 가

채널	1	2	3	4	5*	6	7
서비스	V2V	예비	예비	톨링	제어 I2V	I2V부가정보 (지도위치 사고 등)	V2I 차량정보수집
주파수(MHz)	5860	5870	5880	5890	5900	5910	5920

[그림 5] 지능형교통체계용 주파수 대역 채널 이용 현황

< 국내·해외 출력기준 비교 >

주파수(MHz)	국내	미국	유럽	일본
2400~2483.5	평균전력 1 W	첨두전력 4 W	0.1 W	0.6 W
5725~5825	평균전력 1 W	첨두전력 4 W	0.025 W	-
참고자료	신고하지 아니하고.. 무선설비의 기술기준 제7조 제7항	47CFR §15.247	ERC/REC(70)03	ITU-R SM.2153

[그림 6] 2.4 GHz 및 5.8 GHz 해외 주요국 출력 비교

능하다. 사이트로 들어간 후, 제일 먼저 검색창 왼쪽 부분의 기본설정을 ‘행정 규칙’으로 변경하고, 검색창에 「신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비 기술기준」을 검색하면 된다. 위 2.4 GHz와 5.8 GHz는 제7조제7항에 기준이 명시되어 있다.

3-2 국내외 출력 비교

[그림 6]에서 보는 바와 같이 미국은 우리나라보다 동대역의 출력이 높다. 다른 지역은 모두 우리나라보다 낮다. 그렇다면, 우리나라가 미국만큼 출력을 높이지 않아 장거리 비행드론 개발에 걸림돌이 될 우려는 없는가?

우선 만약 동 대역에서 드론용 도로만 출력을 상향하게 되면 실외에서 사용 중인 공공 WiFi와 지자체에서 스마트 도시 구현을 위해 CCTV 영상전송용으로 활용 중인 동대역 무선랜들은 주변에서 날라다니는 드론의 전파간섭을 받아 문제가 발생하게 된다. 만약 WiFi도 출력을 높이면 어떻게 될까? 아파트형 공동주택이 대부분인 국내 환경에서

는 아래윗집, 옆집 간의 전파간섭으로 WiFi 공유기가 먹통이 되어버릴 우려가 크다. 또한, 출력이 높아 전파 도달거리가 멀어지면 드론과 WiFi 상호간의 간섭으로 드론 추락 등 안전사고 위험도 커질 수밖에 없다.

현재 전 세계 드론시장의 70%의 시장점유율을 차지하고 있는 DJI의 각국 인증 현황을 보면 국내 출력기준으로 장거리 비행에 충분하다는 것이 명백하다. DJI가 미국에서 인증받은 기준이 국내 기준인 1W보다 낮은 681mW이며, 동 기체는 7km까지 운행이 가능하다고 한다.

[그림 7]에서 가장 높은 출력으로 인증받은 것은 산업용 영상촬영에 이용되는 인스파이어2라는 모델의 5.8GHz 대역이다. 앞서 언급한 바와 같이 28dBm, 즉 681mW로 인증을 받았다. 우리나라 최대 출력기준보다 낮은 수치이다.

우리나라 2.4GHz와 5.8GHz 대역의 출력허용 기준은 장거리 드론을 개발하기에 충분하다. 드론 산업계가 현행 기술기준을 확인하고, 그동안의 오해를 풀고 성능 좋은 드론 개발에 앞장 서기를 기대한다.

< DJI 제품별 무선기기 출력 기준 >

※ 출처: DJI 홈페이지

DJI 제품명 (최대 비행거리)	주파수 대역	미국 FCC	유럽 CE	중국 SRRC
인스파이어2 (7km) *산업용(영상촬영)	2.4GHz	26dBm (398mW)	17dBm (50mW)	20dBm (100mW)
	5.8GHz	28dBm (631mW)	14dBm (25mW)	26dBm (100mW)
팬텀 (7km) *취미용	2.4GHz	26dBm (398mW)	20dBm (100mW)	20dBm (100mW)
	5.8GHz	26dBm (398mW)	14dBm (25mW)	20dBm (100mW)

[그림 7] DJI 제품별 무선기기 출력 기준(출처: DJI 홈페이지 제품사양을 바탕으로 표 작성)

스도이 / 인스파이어 시리즈 / 인스파이어 2 시리즈 / 인스파이어 2



인스파이어 2

From ₩4,000,000

배송비: 무료

전세계 영상 전문가와 기업을 위한 영상 화질, 성능과 지능.

- 비행 시간: 23-27 MINS (1)
- 최종 범위: 7 KM (2)
- 속도: 94 KM/H
- 동영상 해상도: 6K/5.2K
- 영상 범위: 30 M (3)
- 사진 해상도: 1080 P

인스파이어 2 사양

홈페이지 / 제품 / 인스파이어 2 / 사양

조종기

작동 주파수	2.400~2.483 GHz, 5.725~5.850 GHz
최대 전송 거리	2.4 GHz: 7 km (FCC), 3.5 km (CE), 4 km (SRRC)
(장애물과 간섭이 없을 시)	5.8 GHz: 7 km (FCC), 2 km (CE), 5 km (SRRC)
EIRP	2.4 GHz: 26 dBm (FCC), 17 dBm (CE), 20 dBm (SRRC) 5.8 GHz: 28 dBm (FCC), 14 dBm (CE), 20 dBm (SRRC)
배터리	6000mAh 2S LiPo
출력 전력	9 W (모바일 장치에는 전원을 공급하지 않음)
USB 공급 전력	iOS: 1 A @ 5.2 V (최대); Android: 1.5 A @ 5.2 V (최대)
작동 온도	-20° ~ 40° C

[그림 8] DJI 인스파이어2 사양 (출처: DJI 홈페이지)

IV. 결론 및 향후 고려사항

정부는 4차 산업혁명을 견인할 자율주행자동차와 드론 기술이 제대로 개발될 수 있도록 전파자원의 충분한 공급과 기술기준에 대한 규제완화를 지속적으로 추진할 계획이다.

앞서 제시한 과제들을 해결하기 위해 산업계 자체의 기술혁신의 노력과 정부의 정책적 뒷받침이 조화를 이룰 수 있도록 적극적이고, 선제적인 전파정책을 위해 노력하겠다.

참 고 문 헌

≡ 필자소개 ≡

조 민 영



1999년 2월: 고려대학교 법학과 (법학사)
 2018년 2월: 고려대학교 법학과 (법학석사)
 2005년 1월~2007년 7월: 변호사
 2007년 9월~현재: 과학기술정보통신부
 2016년12월: 대통령표창(모범공무원)
 [주 관심분야] 주파수 공급, 기술기준, 적합성평가, 전파규제개선

스도이 / 팬텀 시리즈 / 팬텀 4 시리즈 / 팬텀 4 Pro V2.0



팬텀 4 Pro V2.0

₩1,850,000

배송비: 무료

1인치 20 메가픽셀 Exmor R CMOS 센서, 광역전 비행 시간, 더욱 스마트한 기능들.

- 비행 시간: 30분
- 제어 거리: 7km
- 4dB 소음 감소
- 4K 60fps
- 감지 거리: 30m
- 5방향 장애물 감지

PHANTOM 4 PRO V2.0 사양

홈페이지 / 제품 / Phantom 4 Pro V2.0 / 사양

조종기

작동 주파수	2.400 ~ 2.483 GHz, 5.725 ~ 5.825 GHz
최대 전송 거리	2.400 ~ 2.483 GHz (장애물과 간섭이 없을 시) FCC: 7 km CE: 4 km 5.725 ~ 5.825 GHz (장애물과 간섭이 없을 시) FCC: 7 km CE: 2 km

작동 온도 범위

0 ~ 40°C

배터리

6000 mAh LiPo 2S

송신기 출력 (EIRP)	2.400 ~ 2.483 GHz FCC: 26 dBm CE: 20 dBm SRRC: 20 dBm MIC: 20 dBm 5.725 ~ 5.825 GHz FCC: 26 dBm CE: 14 dBm SRRC: 20 dBm MIC: -
---------------	---

[그림 9] DJI 팬텀 사양 (출처: DJI 홈페이지)

- [1] Morgan Stanley Research, "Autonomous Car & Telcos: We're gonna need a bigger (5G) Pipe, May. 2018. etc compatibility (EMC) - Part 4-20: Testing and measurement techniques - Emission and immunity testing in transverse electromagnetic(TEM) wave- guides", Aug. 2010.
- [2] 미국 기술기준: 47CFR 15.247.
- [3] 유럽 기술기준: ERC/REC(70)03.
- [4] 일본 기술기준: ITU-R SM.2153.