

## 5.8 GHz 대역 드론레이싱시스템 운용을 위한 기술기준 개선방안 연구

# A Study on Improvement of Technical Regulation for Drone Racing System Operating in the 5.8-GHz Band

조 인 경 · 이 일 규\*

In-Kyoung Cho · Il-Kyoo Lee\*

### 요 약

본 논문에서는 드론레이싱시스템이 국내 전파환경에서 유럽의 기술기준이 고려되어 운용될 때 5.8 GHz 대역 기존 운용시스템인 지능형 교통체제시스템(ITS)에 미치는 간섭영향을 몬테카를로 방법으로 분석하였다. 드론레이싱시스템의 출력은 현재 국내기술기준인 10 mW뿐만 아니라, 실제 드론레이싱시스템에서 운용되고 있는 출력인 25 mW, 200 mW 및 400 mW를 적용하였다. 간섭분석 시뮬레이션 결과, 두 시스템이 인접대역에서 운용되는 경우에는 드론레이싱시스템이 400 mW의 출력을 사용할 경우에만 약 17 m의 보호이격거리가 필요한 것으로 확인되었다. 두 시스템이 최악의 상황인 동일 대역에서 동작하는 경우에는 드론레이싱시스템의 운용출력 25 mW에서 두 시스템간의 공존을 위해서 약 0.8 km의 보호이격거리가 필요함을 확인하였다.

### Abstract

In this study, the impact of a drone racing system operating under the European technical regulation on intelligent transport systems operating in the 5.8 GHz frequency band carried out though the Monte Carlo method. The output power of the drone racing system was selected as 10 mW according to the domestic technical regulation. Furthermore, the output powers of 25 mW, 200 mW, and 400 mW were selected considering practical drone racing systems. Simulation results showed that a protection distance of approximately 17 m was required in the case of the output power of 400 mW at the adjacent frequency band. In contrast, a protection distance of approximately 0.8 km was required for the coexistence of two systems in the case of the output power of 25 mW, which is the worst-case scenario for operating in the same frequency band.

Key words: Drone Racing System, Unmanned Aircraft System, Short Range Device, Intelligent Transport Systems, Monte Carlo

### I. 서 론

드론레이싱시스템의 레저스포츠로써 대중들의 인기는

한국, 미국, 유럽, 아시아 등 세계 각지에서 급속하게 높아지고 있다. 단순히 애호가 단체가 주도하는 취미 활동을 넘어 전문 경기 단체가 설립되어 운영되어지고 있는

공주대학교 정보통신공학과(Department of Information and Communication Engineering, Kongju University)

\*공주대학교 전기전자제어공학부(Department of Electrical and Electronic Control Engineering, Kongju University)

· Manuscript received April 20, 2020 ; Revised May 14, 2020 ; Accepted May 15, 2020. (ID No. 20200420-001S)

· Corresponding Author: Il-Kyoo Lee (e-mail: leeik@kongju.ac.kr)

상황이다. 국내에서는 드론레이싱시스템 단체인 한국드론협회, 한국드론기술협회, 한국드론산업진흥협회 등과 같은 많은 기관들이 대회 개최, 교육사업, 전시회와 같은 활동으로 활발히 운영되고 있으며, 그 중 한국드론기술협회는 2015년 09월 수원 드론페스티벌을 최초로 개최되었고, 일 년도 채 되지 않아 이미 그 회원 수가 500명을 돌파하였다. 또한, 미국, 유럽, 호주, 일본 등의 국외 여러 국가들에서도 2015년부터 다수의 드론레이싱시스템을 위한 이벤트를 개최하고 있으며, 대중적인 스포츠로 발전시키기 위하여 비교적 큰 규모의 대회로 확대해 나아가고 있다. 드론레이싱시스템이 레저 스포츠의 분야로써 열광을 받고 있는 만큼 경기 규칙이나 시스템은 여러 대회가 개최되면서 점차 자리잡아가고 있지만, 대부분의 국가에서 드론 비행 자체에 대한 상세한 규제, 기술기준 등이 확립되어 있지 않아 드론레이싱시스템의 운용에 대한 적법성으로부터 문제의 여지가 있는 상태이다. 특히, 한국에서는 드론레이싱시스템을 운용할 수 있는 전파법인 “신호하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선기기”의 “무선데이터통신시스템용 무선기기”의 기준을 따르고 있는데, 그 기술기준을 살펴보면 가용할 수 있는 주파수가 5,725 ~ 5,850 MHz이며, 안테나공급전력이 10 mW 이하이다. 하지만 실제 드론레이싱시스템을 운영하기 위한 시스템 특성을 보면 전 세계적으로 25 mW 또는 200 mW 이상의 전력을 가진 드론레이싱시스템을 이용하여 경기 진행을 해야만 한다. 현재 한국에서 개최되고 있는 경기장의 현황을 보면 허가 무선국 제도를 활용하여 일시적인 주파수 및 무선국 운용을 허가하여 25 mW 또는 200 mW의 출력으로 경기를 진행하고 있으며, 결과적으로 현재 국내 기술기준에 만족하지 못하고 있는 수준이다.

유럽의 드론레이싱시스템을 사용하기 위한 기술기준인 근거리무선장치(SRD)의 주파수대역은 5,725~5,875 MHz이고, 최대출력은 25 mW으로 국내기술기준은 해외 기술기준에 비해 주파수 채널이 적게 분배되어 있으며, 낮은 출력만 허용되고 있어 국내기술기준 완화 또는 별도의 드론레이싱시스템에 대한 기술기준이 절실하게 필요한 상황이다. 또한, 대부분의 주요 드론레이싱시스템 제조사들은 유럽기술기준을 적용하여 제작하고 있으며, 이에 실제 운용자들도 실제 운용기준을 유럽의 기준을

반영해줄 것을 요청하고 있는 상황이다.

하지만 드론레이싱시스템에 대한 기술기준을 확립하기에 앞서 드론레이싱시스템과 동일·인접대역으로 분배되어 있는 기존운용시스템과의 간섭영향이 있는지 분석이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 드론레이싱시스템과 인접대역에 분배되어 있는 지능형 교통체계시스템(ITS)과의 간섭영향분석을 바탕으로 공존방안을 마련하였다. 제시된 연구결과는 국내 전파관리정책 및 기술기준 개선 추진에 도움이 될 뿐만 아니라, 드론레이싱시스템 관련 문화 및 스포츠계의 세계시장 확보 및 경제 활성화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 기술기준현황

### 2-1 유럽

드론레이싱시스템은 유럽에서 무인항공기(unmanned aircraft system: UAS)라고 하며, 크게 전문적인 무전사용(professional)과 비전문적인 무전사용(non-professional)으로 나뉜다. 먼저 전문적인 무전사용은 대형 운용 범위 사용, 큰 무선방사전력 등에 대해 규제 및 허가를 통해서 사용할 수 방식을 말한다. 드론레이싱시스템의 운용기준인 비전문적인 무전사용은 근거리무선장치의 기술기준을 따르며, 이 기술은 ITU-R 전파규칙의 ‘전파업무’와 무관하고, 특정조건(중심주파수, 대역폭, 출력, 공존기술 적용조건)만족 시 면허 획득이 불필요하다. 또한, “무선국에 유해한 간섭 발생불가 및 전파업무를 위한 무선국으로부터 보호 요청 불가”라는 규정을 가지고 있고, 응용분야는 총 13종류로 나뉘며, 드론레이싱시스템과 관련된 분야는 Non-specific short range devices와 Tracking, tracing and data acquisition에 해당되며, 관련된 자세한 기술기준은 표 1과 같다<sup>[1]</sup>.

Non-specific short range devices의 경우, 다른 제한조건은 없지만 Tracking, tracing and data acquisition의 경우 25 ~ 400 mW를 사용할 경우 아마추어 무선인(HAM license)이라는 자격을 취득해야만 무선기기를 운용할 수 있는 기준이 있다. 불요방사의 최대 출력과 위 규격치는 표 2와 같다<sup>[1]</sup>.

표 2에서와 같이 본 논문에서 연구하고자 하는 5.8

표 1. 근거리무선장치의 기술기준

Table 1. Technical regulation of short range device.

Item	Non-specific short range devices	Tracking, tracing and data acquisition
Frequency	5,725~5,875 MHz	
Power	25 mW	400 mW
Modulation	Not specified	Not specified
Bandwidth	Not specified	$1 \text{ MHz} \leq$ , $\geq 20 \text{ MHz}$
Notes	Not specified	Systems using same band are protected

표 2. 근거리무선장치의 대역 외 최대출력전력

Table 2. Out of band maximum output power of short range device.

Frequency \ State	Operating	Standby
47~74, 87.5~108 174~230, 470~862 [MHz]	4 nW	2 nW
$\leq 1$ [GHz]	250 nW	2 nW
$> 1$ [GHz]	$1 \mu\text{W}$	20 nW

GHz 대역에서는 “ $> 1 \text{ GHz}$ ” 대역으로 운용중일 때는  $1 \mu\text{W}$ 로  $-30 \text{ dBm}$  이하, 대기상태일 때는  $20 \text{ nW}$ 로  $-47 \text{ dBm}$  이하의 출력을 만족시켜야 한다. 또한, Duty Cycle에 대한 조건은 따로 없다.

## 2.2 한국

현재 국내에서는 단순 취미용이 아닌 레저스포츠용 드론레이싱시스템을 위한 별도의 기술기준은 없으며, 흔히 비면허 무선기기라고 칭하는 “신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선기기”의 기술기준을 따른다. 그 중 특정소출력무선기기에서 무선데이터통신시스템용 무선기기에 포함되며, 기술기준은 표 3과 같다<sup>[2]</sup>.

불요발사는 주파수대역 밖의 주파수에서  $100 \text{ kHz}$  분해대역폭으로 측정하였을 때  $-30 \text{ dBm}$  이하여야 하며, 시스템의 점유대역폭에 따른 기술기준은 표 4와 같다<sup>[2]</sup>.

표 3. 한국의 무선데이터통신시스템용 무선기기를 위한 주파수대역 및 전력밀도

Table 3. Frequency band and power density for wireless device of wireless data communication system in Korea.

Frequency band	Power density
2,400~2,483.5 MHz	10 mW/MHz or less
5,725~5,850 MHz	

표 4. 점유대역폭에 따른 전력밀도와 안테나 이득

Table 4. Power density and antenna gain according to the occupied bandwidth.

Occupied bandwidth	Power density	Antenna gain
0.5~26 MHz	10 mW/MHz or less	6 dBi or less
26~40 MHz	5 mW/MHz or less	
40~80 MHz	2.5 mW/MHz or less	
40~60 MHz	0.1 mW/MHz or less	

## III. 분석에 필요한 운용시스템들의 특성

### 3-1 드론레이싱시스템

유럽의 기술기준을 반영하여 드론레이싱시스템의 분석에 적용된 특성은 표 5와 같다<sup>[3]</sup>.

표 5. 드론레이싱시스템의 특성

Table 5. Parameter of drone racing system.

Item	Value
Frequency	5,843 MHz, 5,880 MHz
Bandwidth	20 MHz
Power	10 mW, 25 mW, 200 mW, 400 mW
Sensitivity	$-91 \text{ dBm}$
Protection ratio	C/I : 8dB
Antenna pattern	Transmitter: Patch antenna Receiver: Omnidirectional antenna
Antenna height	Transmitter: 20 m~30 m Receiver: 3 m
Antenna gain	6 dBi
Propagation model	Free space

표 6. 드론레이싱시스템의 채널과 중심주파수

Table 6. Channel and center frequency of drone racing system.

Ch.	1	2	3	4	5	6	7	8
Freq. [MHz]	5,658	5,695	5,732	5,769	5,806	5,843	5,880	5,917

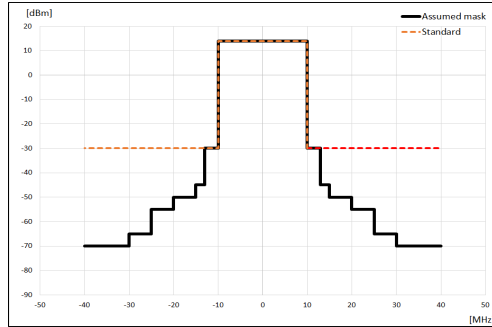


그림 1. 드론레이싱시스템의 스펙트럼 마스크

Fig. 1. Spectrum mask of drone racing system.

드론레이싱시스템의 제조사들은 국제주파수채널(race band)을 적용하여 사용할 수 있는 주파수를 제시하고 있으며, 현재 국내에서도 한시적으로 Race band를 사용하고 있어 Race band를 기준으로 분석하였으며, 표 6과 같다<sup>[4]</sup>.

스펙트럼 마스크는 실제 경기장에서 운용되고 있는 드론레이싱시스템의 송신파위를 샘플로 측정한 데이터를 반영하여 가정하였으며, 그림 1과 같다. 실선은 측정값을 고려한 스펙트럼 마스크 특성이고, 점선은 한국과 유럽의 규격을 반영한 스펙트럼 마스크 특성이다<sup>[1][2]</sup>.

### 3-2 지능형 교통체계시스템

국내에서 운영되고 있는 차세대 지능형 교통체계시스템은 교통시스템 구성요소가 실시간 상호 연계를 통해 차량이 주행 중 운전자에게 주변 교통상황과 급정거, 낙하물 등의 사고 위험 정보를 실시간으로 제공하는 시스템이다. 이 시스템의 특성은 표 7과 같으며, 주파수채널은 표 8과 같다<sup>[5][6]</sup>.

## IV. 국내에서 드론레이싱시스템을 운용하기 위한 방안 및 공유분석결과

### 4-1 유럽 기술기준을 고려한 운용방안

유럽의 근거리무선장치 기술기준의 허용 가능한 주파

표 7. 지능형 교통체계시스템의 특성

Table 7. Parameter of intelligent transport systems.

Item	Value
Frequency	5,860 MHz, 5,880 MHz
Bandwidth	10 MHz
Power	33 dBm/MHz(23 dBm/10MHz)
Sensitivity	-82 dBm/10 MHz
Protection ratio	C/I: 6 dB
Antenna pattern	Omnidirectional antenna
Antenna height	Transmitter: 1.5 m Receiver: 2 m
Antenna gain	0 dBi
Propagation model	Free space

표 8. 지능형 교통체계시스템의 채널과 중심주파수

Table 8. Channel and center frequency of intelligent transport systems.

Ch.	1	2	3	4	5	6	7
Freq. [MHz]	5,860	5,870	5,880	5,890	5,900	5,910	5,920

수대역 내에서 지능형 교통체계시스템과 제일 인접한 대역인 드론레이싱시스템 5,843 MHz와 지능형 교통체계시스템 5,860 MHz를 고려하여 분석하였다. 그림 2는 두 시스템간의 간섭에 대한 영향을 보여줄 수 있는 주파수시나리오이다.

두 시스템간의 간섭영향을 분석하기 위해 적용한 방법은 확률변수를 이용하여 원하는 방정식의 값을 확률적으로 분석할 수 있는 몬테카를로방법의 SEAMCAT 시뮬레이션 툴이다. 이 툴은 주로 유럽에서 전파간섭분석을 위해 사용되며, 시스템의 파라미터들을 어떻게 정의하는가에 따라 거의 모든 무선 간섭 시나리오에 적용할 수 있는

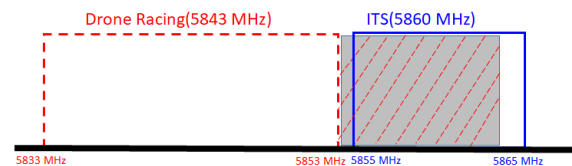


그림 2. 유럽의 기술기준을 반영한 시나리오

Fig. 2. Scenario reflecting European technical standards.

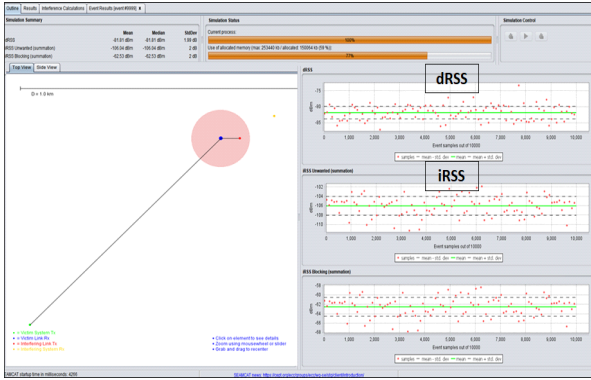


그림 3. 유럽의 기술기준을 반영한 시뮬레이션 환경  
Fig. 3. Simulation environment reflecting European technical standards.

방법으로써 적용되는 파라미터는 주파수, 대역폭, 보호비, 안테나, 시나리오 환경 구성 등과 같다<sup>7)</sup>.

그림 3은 SEAMCAT 툴을 이용하여 시뮬레이션을 수행한 그림으로 왼쪽 그림은 간섭원과 희생원의 송·수신기간의 시스템 설정위치를 보여주며, 오른쪽 그림은 dRSS, iRSS를 시뮬레이션 수행 횟수에 따른 확률적으로 분석한 결과를 나타내고 있는 그래프들이다. dRSS는 희생원의 송·수신기간의 원하는 신호의 세기를 말하며, iRSS는 간섭원의 송신기에 의해 원하지 않는 신호가 희생원의 수신기에 수신된 신호의 세기를 의미한다.

분석결과, 드론레이싱시스템이 10 mW, 25 mW, 200 mW의 출력일 경우에는 보호이격거리 없이 운용하고 있더라도 지능형 교통체계시스템에 5 % 이하의 간섭확률로 간섭영향이 거의 없다. 하지만 400 mW의 출력을 고려하였을 경우에는 5 % 이하의 간섭확률을 만족시키기 위하여 약 17 m의 보호이격거리가 요구되어졌다. 분석한 결과는 그림 4와 같다.

#### 4.2 두 시스템간의 최악의 경우를 고려한 운용방안

드론레이싱시스템에 의한 최대간섭환경조건을 분석하기 위한 즉, 최악의 경우를 고려하기 위하여 드론레이싱시스템의 Race band 채널과 지능형 교통체계시스템이 동일 채널을 사용하는 경우인 중심주파수 5,880 MHz에 대해 분석하였다. 그림 5는 두 시스템간의 간섭에 대한 영

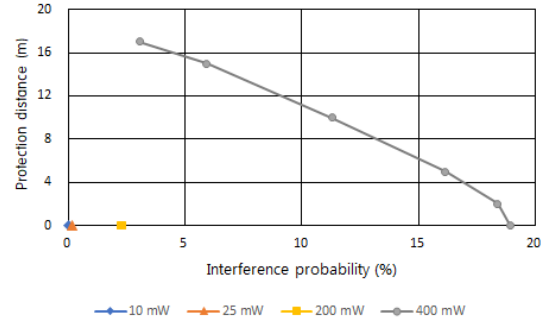


그림 4. 유럽의 기술기준을 반영한 분석결과  
Fig. 4. Analysis results reflecting European technical standards.

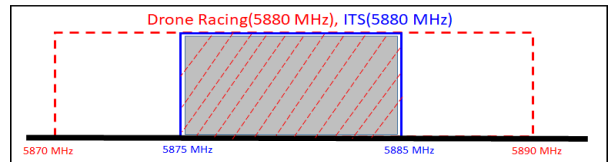


그림 5. 두 시스템간의 최악의 경우를 고려한 시나리오  
Fig. 5. Scenario considering the worst case between the two systems.

향을 보여줄 수 있는 주파수 시나리오이며, 5,875~5,885 MHz는 두 시스템간의 동일 대역을 사용하는 부분이다.

두 시스템간의 최악의 경우를 고려한 시나리오도 몬테카를로방법의 SEAMCAT 툴을 적용하여 드론레이싱시스템의 10 mW, 25 mW, 200 mW, 400 mW 출력인 경우를 분석하였다. 그 결과, 드론레이싱시스템에서 주로 사용하는 출력인 25 mW인 경우, 5 % 이하의 간섭확률을 만족시키기 위하여 최소 0.8 km 이상의 보호이격거리가 요구되어졌다. 자세한 분석결과는 그림 6과 표 9와 같다.

## V. 결 론

드론레이싱시스템은 세계적으로 레저스포츠로서의 대중화가 높아지고 있지만, 드론 비행에 대한 상세한 규제 및 기술기준은 국내에 확립되어 있지 않아, 국내 운용방안을 제시하기 위해 기존운용시스템인 지능형 교통체계시스템과의 간섭영향분석을 하였다. 간섭분석 시뮬레이션 결과로 부터, 실제 운용자 및 제조사들의 요청을 만족시키기 위한 유럽 기술기준을 고려한 경우에는 인접대역

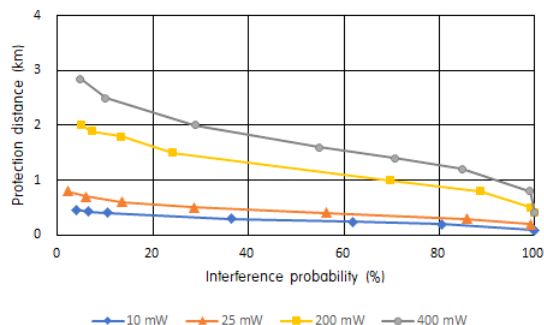


그림 6. 두 시스템간의 최악의 경우를 고려한 분석결과  
Fig. 6. Analysis results considering the worst case between the two systems.

표 9. 두 시스템간의 최악의 경우를 고려한 분석결과  
Table. 9. Analysis results considering the worst case between the two systems.

Power of drone racing system							
10 mW		25 mW		200 mW		400 mW	
P.D. [km]	I.P. [%]	P.D. [km]	I.P. [%]	P.D. [km]	I.P. [%]	P.D. [km]	I.P. [%]
0.46	4.02	0.80	2.06	2.00	4.94	2.85	4.68
0.43	6.45	0.70	6.05	1.90	7.08	2.50	9.99
0.40	10.48	0.60	13.56	1.80	13.30	2.00	28.86
0.30	36.38	0.50	28.60	1.50	24.08	1.60	54.86
0.24	61.83	0.40	56.25	1.00	69.78	1.40	70.56
0.20	80.56	0.30	85.72	0.80	88.64	1.20	84.70
0.10	99.69	0.20	99.08	0.50	99.08	0.80	98.95
0.08	100.00	0.10	100.00	0.40	100.00	0.40	100.00
* P.D.: protection distance, I.P: interference probability							

에서 400 mW의 출력을 사용할 경우에만 약 17 m의 보호이격거리가 요구되어졌다. 그리고 두 시스템간의 최악의 경우인 동일대역을 고려한 경우에는 국내 허용 출력인 10 mW에서 약 0.46 km의 보호이격거리가 요구되어졌으며, 드론레이싱시스템의 운용 출력인 25 mW인 경우에는 약 0.8 km의 보호이격거리가 확보되어야만 기존운용시스템에 간섭영향이 없는 것으로 시뮬레이션이 되었다. 본 논문의 분석결과는 무선데이터통신시스템용 국내 기술

기준 개정 및 전파관리 정책 반영에 기여 될 것으로 여겨진다. 그리고 5.8 GHz 대역 기존운용시스템 보호를 위해 드론레이싱시스템의 간섭파워 영향에 따른 보호거리를 제시함으로써 드론레이싱 시스템 실제 운용 조건 등 공존 방안 마련에 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- [1] *Relating to the use of short range device(SRD)*, ERC Recommendation 70-03, Jun. 2019.
- [2] Ministry of Science and ICT, "A radio device for a radio station that can be opened without reporting," *Ministry of Science and ICT Notice No. 2019-104*, Dec. 2019.
- [3] Electronic Communications Committee, "Compatibility studies in the band 5,725-5,875 MHz between SRD equipment for wireless industrial applications and other systems," *CEPT ECC, ECC Report 206*, Jan. 2014.
- [4] ImmersionRC, "5.8 GHz video transmitter: Preliminary operator's manual," ImmersionRC, Hong Kong, Oct. 2016.
- [5] National Radio Research Agency, "Technical standards of other business radio facilities such as wireless facilities for simple radio stations, space stations, and earth stations and radio facilities for radio wave detection," *National Radio Research Agency Notice No. 2018-26*, Nov. 2018.
- [6] Electronic Communications Committee, "Studies to examine the applicability of ECC Reports 101 and 228 for various ITS technologies under EC Mandate," *CEPT ECC, ECC Report 290*, Jan. 2019.
- [7] J. Y. Kim, E. C. Kim, J. S. Yang, C. S. Ryu, and S. T. Oh, "A study on interference analysis between FHSS and DSSS short range radio devices," *The Journal of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 19, no. 2, pp. 271-279, 2008.

조 인 경 [오송첨단의료산업진흥재단/주임연구원]

<https://orcid.org/0000-0001-6893-0384>



2009년 2월: 공주대학교 정보통신공학부 (공학사)

2012년 2월: 공주대학교 정보통신공학과 (공학석사)

2012년~2016년: 한국항공우주연구원 연구원

2012년 3월~현재: 공주대학교 정보통신공

학과 박사과정

2017년~현재: 오송첨단의료산업진흥재단 주임연구원

[주 관심분야] 시스템 간섭분석, EMI/EMC

이 일 규 [공주대학교/교수]

<https://orcid.org/0000-0002-7287-6250>



1992년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)

1994년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)

2003년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)

1997년~2004년: ETRI 선임연구원

2012년~2013년: 미국 조지아텍 교환교수

2004년 3월~현재: 공주대학교 전기전자제어공학부 교수

[주 관심분야] RF 시스템, 스펙트럼 공학, 이동통신 시스템