

## 개방형 스펙트럼 이용의 사회경제적 파급 효과 분석

### An Socio-Economic Effect Analysis of Using Open Spectrum in Korea

박석지 · 박덕규\* · 김창주\*\* · 강영흥\*\*\*

Seok-Ji Park · Duk-Kyu Park\* · Chang-Joo Kim\*\* · Young-Heung Kang\*\*\*

#### 요 약

본 논문에서는 주파수의 공동사용에 따른 개방형 스펙트럼의 서비스 이용방안을 제시하고, 그 사회경제적 파급 효과를 분석하였다. 이를 위해 개방형 스펙트럼의 개념과 이용형태를 제시하고, 개방형 스펙트럼의 사회경제적 파급 효과 분석을 위해 전문가 조사를 실시하였다. 최근 등장하는 8종류의 창의적 서비스를 대상으로 하여 국내에서 이용할 수 있는 2.9~5.925 GHz 대역 2,605 MHz 폭의 후보 대역에서 적용 가능한 서비스와 그 특징을 분석하고, 개방형 스펙트럼의 공동사용으로 인하여 발생하는 사회경제적 파급 효과를 분석하였다. 이 분석 결과에 의하면 개방형 스펙트럼에서 적합한 서비스로서 이동통신 보조서비스, WiFi가 가장 높은 기대를 받았으며, DSRC 서비스, M2M, IoT 및 RFID/USN 서비스가 평균을 넘는 높은 기대를 받는 것으로 나타났다.

#### Abstract

In this paper, we analyze the telecom services and their socio-economic effect of using open spectrum, which is to access sharing spectrum. For this, we suggest a concept and a classification of open spectrum as spectrum access model and make a survey for analyzing the socio-economic effect of spectrum, 2,605 MHz which is candidate for sharing between 2.9~5.925 Hz in Korea. From survey results, we propose Mobile Telecommunications Assist Service and WiFi as the most effective services and Smart Car Service and M2M, IoT, and RFID/USN Service as the effective services to open spectrum.

Key words: Socio-Economic Effect, Open Spectrum, Classification of Open Spectrum, Sharing Spectrum, Spectrum Access Model

#### I. 서 론

본 논문에서는 2.9~5.925 GHz 대역의 개방형 주파수 대역으로 발굴된 후보대역에서 주파수 공동사용이 가능한 서비스 도출과 그 창의적 이용방안을 제시하고, 이들 서비스의 사회경제적 가치에 대하여 분석하였다. 이는 모바일 시대를 맞아 광대역 서비스의 급증, 다양한 창의적

서비스의 등장으로 모든 산업에서 다양하게 활용되고 있는 전파에 대하여 한정된 주파수의 효율적 이용을 위한 적극적인 대처의 일환으로 검토되었다. 즉, 광대역 모바일 인터넷 및 SNS 이용 급증에 따른 트래픽 부하 해소를 위한 요구, 광대역 모바일 데이터 처리를 위한 트래픽의 Off Loading 요구, 방송-통신 사업자간 전략적 제휴에 의한 주파수 공동사용을 통한 새로운 서비스 출현 가능성

「이 연구는 미래창조과학부가 지원한 2014년도 『방송통신정책연구(R&D)』와 『정보통신·방송(ICT) 연구개발사업』의 연구결과로 수행되었음.」  
한국전자통신연구원 창의미래연구소(한국전자통신연구원)

\*목원대학교 정보통신공학과(Department of Information Communication Engineering, Mokwon University)

\*\*한국전자통신연구원 방송통신미디어연구부문 전파기술부(ETRI)

\*\*\*군산대학교 정보통신공학과(Department of Information Communication Engineering, Kunsan University)

· Manuscript received June 25, 2014 ; Revised September 22, 2014 ; Accepted October 6, 2014. (ID No. 20140625-01S)

· Corresponding Author: Duk-Kyu Park (e-mail: parkdk@mokwon.ac.kr)

및 방재, 교통, 의료, 가정, 산업 등 공공 생활 주파수 이용기기 및 서비스의 등장에 따른 새로운 주파수 분배 요구 등 주파수와 관련하여 갈수록 증가하고 있는 요구사항에 대한 대응과 해결을 위하여 검토되었다. 하지만 이들 서비스의 경우, 기존 서비스에 간섭 등 영향을 미치지 않는 조건(규정으로 제정) 하에서 지역적, 공간적, 시간적으로 다양하게 사용할 수 있으며, 서비스 사용을 통해 다양하게 시장과 비즈니스를 창출해 갈 수 있다. 특히 이러한 서비스는 항공, 인명에 대한 영향 등 특수한 용도를 제외하고는 개방적으로 누구나 이용할 수 있을 때 더욱 효율적인 사용이 가능해진다.

따라서 주파수의 효율적 이용을 촉진하기 위해서는 기존에 이미 공공 및 다양한 분야에서 사용하던 주파수에 대하여 지역적, 시간적, 공간적으로 개방적으로 공동 사용할 수 있는 기술적, 제도적 기반을 마련하는 것이 중요하다.

이 연구는 주파수를 개방적으로 공동 사용하는 개방형 스펙트럼 이용에 관한 기술적, 제도적 기반을 도출하기 위한 연구의 일환으로 추진되었다. 이 논문은 그 중에서 개방형 스펙트럼의 공동사용을 통해 제공될 수 있는 다양한 창의적 서비스의 도출과 서비스 이용방안, 서비스의 이용에 따른 사회경제적 효과분석을 제시하였다. 이를 위해 제1장 서론에 이어 제2장에서 최근 나타나고 있는 개방형 스펙트럼의 개념과 이용형태를 제시하였다. 제3장에서는 개방형 전파정책에 따라 발굴되는 개방형 스펙트럼의 효율적 이용방안을 제시하였다. 이를 위해 먼저 최근 다양한 분야에서 등장하는 전파서비스의 특성과 서비스 이용형태 등을 살펴보고, 후보대역으로 도출된 개방형 스펙트럼에서의 효율적 이용을 위한 적정 서비스의 유형 및 특성을 제시하였다. 마지막으로 이들 개방형 스펙트럼 이용에 따른 사회경제적 파급 효과를 분석하였다. 파급 효과 분석에서는 시장분석 전문가의 설문조사를 통해 개방형 스펙트럼에서의 도출된 서비스 유형별 미래 가치와 시장규모 및 사회적 파급 효과를 분석하였다.

## II. 개방형 스펙트럼의 개념 및 이용형태

최근의 전파환경에서 보는 바와 같이 폭발적으로 늘어나는 주파수 수요에 대비하기 위해서는 개방형 전파정책을 통하여 주파수 이용효율을 높이는 방법이 검토되고 있다. 이를 위하여 개방형 스펙트럼을 이용한 공동사용 정책이 중요하게 검토되고 있다. 여기에서 개방형 스펙트럼이란 Kevin Werbach(2002)<sup>1)</sup>에 의하면 “정해진 규정을 만족하면 누구나 사용할 수 있는 주파수 대역”으로 정의할 수 있다<sup>4)</sup>. 즉, 개방형 스펙트럼은 정해진 규정(법적 기준 및 기술적 기준)을 만족하면 누구나 사용할 수 있는 대역으로 전파이용의 형태, 이용 대역 및 서비스에 따라 규정을 달리 적용하게 된다.

또한 개방형 스펙트럼은 혁신적인 서비스, 가격 축소, 경쟁촉진, 새로운 비즈니스 기회 창출을 통해 전파 산업의 경쟁력을 강화시키는 효과를 보여준다. 따라서 개방형 스펙트럼의 이용 목적은 Kevin Werbach(2002)<sup>2)</sup>가 말한 바와 같이 ① 개방형 주파수 대역의 효과적이며 창의적 이용, ② 전파산업의 경쟁력을 강화하기 위하여 전파이용 서비스의 창조적 혁신 및 새로운 비즈니스 기회를 창출하는 데 있다<sup>4)</sup>. 즉, 개방형 스펙트럼정책으로부터 주파수 이용에 따른 서비스 경쟁 활성화, 비용 절감, 창의적 이용을 통한 창조적 서비스 혁신을 추진하고, 이를 통해 창의적 서비스 발굴 및 새로운 혁신적 비즈니스 창출을 통해 창조경제를 구현할 경제적 활력을 도모할 수 있게 될 것이다.

이러한 개방형 스펙트럼을 실현하는 수단으로서 Cognitive Radio 기술을 이용한다. 즉, 시간, 공간, 지역적으로 기존의 1차 사용자에 간섭을 미치지 않는 정해진 규정 내에서 스펙트럼을 공동 사용하게 한다. 이 연구에서는 공동사용의 실현수단으로 그림 1에서 보는 바와 같이 Incumbent Access(Military, Satellite), Priority Access, General Authorized Access(GAA) 등 Three Tier Access의 Spectrum Access Model(SAM)을 적용하도록 하였다. 또한 이렇게 발굴된 스펙트럼은 면허 불요의 개방형 스펙트럼을 이용하도록 하였다<sup>12)</sup>.

개방형 스펙트럼 이용 시에 적용되는 주파수 이용형태

1) Spectrum available to all as a commons (Kevin Werbach, 2002)<sup>4)</sup>.

2) Open spectrum would allow for more efficient and creative use of the precious resource of the airwaves. It could enable innovative services, reduce prices, foster competition, create new business opportunities, and bring our communications policies in line with our democratic ideals. (Kevin Werbach, 2002)<sup>4)</sup>

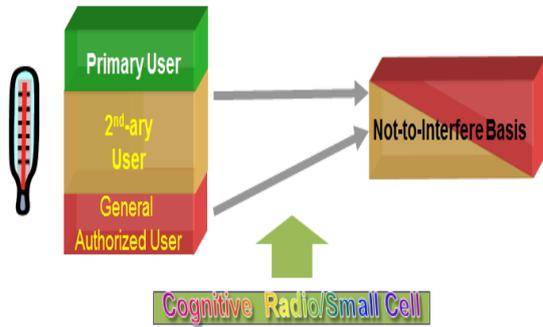


그림 1. 3단 스펙트럼접속모델  
Fig. 1. Three tier spectrum access model.

표 1. 개방형 스펙트럼 이용형태  
Table 1. Classification of open spectrum.

면허	이용권형태		예제
면허 필요	배타적		· 이동통신
	비배타적	1차 공동사용 면허	· WAPECS · TV 방송과 PLMR(미국) · Radar의 exclusion zone
		2차 공동사용 면허	· LSA(Licensed Shared Access)
면허 불요 (개방형 이용)	면허불요 2차 공동사용		· Unlicensed TVBD · DFS Wi-Fi · UWB
	면허불요 1차 공동사용	용도 미지정	· FACS, ISM band
		용도 지정	· RFID, WMTS · MICS, MBAN

는 표 1에서 보는 바와 같이 면허 불요 공동사용으로 나타나며, 이중에서 2차 공동사용의 형태를 보일 것으로 예상된다. 1차 공동사용의 경우에는 항공, 인명위해 방지를 위하여 적용될 수 있는 형태로서 용도 지정 또는 용도 미지정의 형태로 적용될 수 있다<sup>[12]</sup>.

### Ⅲ. 개방형 스펙트럼의 효율적 이용방안

#### 3-1 적용대상 스펙트럼

서론에서 기술한 바와 같이 세계 각국은 Mobile Traffic이 폭증함에 따라 추가 주파수 확보에 총력을 기울이고 있다. 이는 새로운 융합서비스의 대부분이 스마트 폰과 결합되어 탄생하기 때문에, 스마트 폰이 우리의 삶이나

경제에 미치는 영향력이 절대적으로 크기 때문이다. 그러나 이동통신 서비스를 위한 주파수 대역으로 700 MHz 대역부터 3 GHz 대역이 선호되고 있다. 이는 이동통신 서비스에서는 직접파는 물론 전파의 반사, 굴절, 회절 및 산란 특성을 활용하여 NLOS(Non-Line of Sight) 지역에서도 통신이 가능하기 때문이다. 하지만 폭증하는 이동통신 트래픽을 커버할 뿐만 아니라, 새롭게 등장하는 다양한 분야에서의 창조적 전파서비스 제공을 위한 주파수 확보의 일환으로 주파수 공동사용을 위한 개방형 스펙트럼 확보가 중요한 정책대상으로 등장하고 있다. 이 연구에서는 현재 거론되는 2.9~5.925 GHz 대역을 개방형 스펙트럼의 SAM(Spectrum Access Model)을 적용할 검토대상으로 선정하였다.

또한 주파수 공동사용 후보대역으로는 표 2에서 보는 바와 같이 2 Tier, 3 Tier SAM을 적용할 수 있는 2,605 MHz 대역폭이 선정되었다. 이 대역폭은 검토대상 대역에서 항공무선 항행 대역이 제외된 것으로, 이는 공공사용, 항공기 전파고도계, 기상, 위성, 마이크로웨이브 중계, 산업통신, 방송보조/중계용, 우주업무, 실험국 및 아마추어 무선국으로 사용하고 있어, 지역적, 공간적, 시간적인 면에서 제한될 필요가 있기 때문이다.

#### 3-2 개방형 스펙트럼 이용서비스 도출 및 특성

모바일 비즈니스 혁명과 전파기술 발전에 따라 다양한 실생활 분야에서 전파를 이용한 다양한 창의적 서비스가 등장하고 있다. 즉, 그림 2에서 보는 바와 같이 기존의 이동통신 분야를 비롯하여 의료, 에너지, 교육, 가정/사무실/공장, 교통/자동차/도로, 물류 및 안전/보안, 재난방지 및 안보, 농산물관리 및 의료품 관리 및 지역경제에 기여하는 다양한 Hot Spot 관리, 원격미디어 서비스 분야 및 사물통신을 이용한 M2M, IoT 등 분야에서 다양한 서비스가 등장하고 혁신적인 시장을 만들어 가고 있다.

이상의 내용을 바탕으로 최근 국내외 전파서비스 개발과 정책동향을 고려하여 3 Tier SAM을 적용할 개방형 스펙트럼 이용 서비스를 다음과 같이 8 유형의 서비스로 도출하였다. 여기에서 서비스 구분은 기술적 유형에 따른 구분이 아니라, 향후 산업 형성과 고성장을 기반으로 지

표 2. 주파수 공동사용 후보대역  
Table 2. Candidate spectrum for sharing.

후보 대역 (GHz)	대역폭 (MHz)	현재 Access 유형	현재 이용현황
2.9~3.1	200	1 Tier	무선항행, 무선표정
3.1~3.3	200	2 Tier	무선표정, 지구탐사위성, 우주연구
3.3~3.4	100	2 Tier	무선표정, 고정, 이동
3.4~3.5	100	2 Tier	고정, 이동(항공이동 제외), 무선표정, 아마추어
3.5~3.7	200	2 Tier	고정, 고정위성(우주대지구), 이동(항공이동 제외)
3.7~4.2	500	2 Tier	고정, 고정위성(우주대지구)
4.2~4.4	0	2 Tier	항공무선항행
4.4~4.5	100	2 Tier	고정, 이동
4.5~4.8	300	2 Tier	고정, 고정위성(우주대지구)
4.8~5.0	200	1 Tier	고정, 전파천문/고정, 이동, 전파천문, 우주연구
5.0~5.15	0	1 Tier	항공무선항행, 항공이동
5.15~5.25	100	2 Tier	항공무선항행, 고정위성(우주대지구), 이동
5.25~5.35	100	2 Tier	무선표정, 우주연구, 이동, 지구탐사위성
5.35~5.47	0	1 Tier	지구탐사위성(능동), 항공무선항행, 무선표정
5.47~5.65	180	2 Tier	항공무선항행, 이동, 무선표정
5.65~5.725	125	1 Tier	고정, 이동, 무선표정, 아마추어
5.725~5.85	125	3 Tier	고정, 무선표정, 이동, 아마추어, DSRC
5.85~5.925	75	2 Tier	고정, 고정위성, 이동, 무선표정, DSRC
합계	2,605		

속적인 시장을 창출해 갈 수 있는 분야를 대상으로 하였다. 이 서비스들이 독자적 시장 또는 산업을 형성할 수 있을 것으로 기대하였다.

- (S1) 이동통신서비스보조, WiFi: Mobile broadband traffic off loading(전송), Mobile broadband 서비스(양방향) 등
- (S2) M2M, IoT, RFID/USN 서비스: 도로, 수도, 의료,



그림 2. 창의적 전파서비스의 이용동향<sup>[12]</sup>  
Fig. 2. Status of using creative wireless services<sup>[12]</sup>.

- 교량, 보안, 재난, 환경감시, 식품유통관리, 교량/건물 안전감시서비스 원산지/정품관리, 상품이력관리, 모바일결제 서비스 등
- (S3) 스마트그리드(스마트에너지) 서비스: Smart Grid, 원격검침, 에너지공급관리, 에너지이용관리서비스 등
- (S4) 헬스케어서비스: 원격진료, 의료지원, 원격검진, 응급의료, 무선의료 서비스 등
- (S5) 지역커뮤니티서비스: spot 지역서비스(운동장, 시장, 축제장, 캠퍼스 중계방송 안내 등) 등
- (S6) 원격미디어서비스: 원격교육, 원격훈련, 원격모니터링, CCTV 제어, 원격감시, 원격제어(로봇), 원격보육, 원격교통안내 서비스 등
- (S7) 스마트홈서비스; 스마트 홈, 스마트 Office, 스마트 Factory 서비스 등
- (S8) DSRC 서비스: 스마트커서비스, ITS, 스마트하이웨이서비스 등

또한 이들의 서비스 이용형태는 인명 및 보안 관계로 특별히 요구되는 특별한 경우에는 1차 공동사용을 적용할 수 있으나, 주로 2차 공동사용을 적용하는 것으로 보인다. 예를 들어 WiFi 서비스와 같이 Hot Spot 지역에서 서

표 3. 개방형 스펙트럼 이용 서비스 유형 및 특징  
Table 3. Classification and characteristics of open spectrum using services.

구분	이용 형태	내용	특징
이동통신 서비스보조 WiFi	2차	· 이동통신서비스(Mobile Broad-band Service) 보조망 · Wireless 인터넷	Mobile Broadband
M2M, IoT, RFID/USN	1차, 2차	· 보안감시, 재난감시, 환경감시, 식품유통관리, 교량/건물안전관리, 원산지/정품관리, 상품이력관리, 모바일결제서비스 등	Sensing +Control +Mgmt
스마트 그리드 서비스	1차	· SmartGrid, 원격검침, 에너지 공급관리, 에너지이용관리 등	Sensing +Control +Mgmt
Healthcare 서비스	1차	· 원격진료, 의료지원, 원격검진, 응급의료, 무선의료 서비스 등	Sensing +Control +Mgmt +Security
지역 Community 서비스	2차	· Spot 지역서비스(운동장, 시장, 축제장, 캠퍼스중계/방송/안내 등)	Sensing +Control
원격 미디어 서비스	2차	· 원격교육, 원격훈련, 원격모니터링, CCTV 제어, 원격감시, 원격제어(로봇), 원격보육, 원격교통안내 등	Sensing +Control +Mgmt +Security
스마트 home 서비스	1차, 2차	· Smart Home/Office/Factory	Sensing +Control +Mgmt +Security
DSRC 서비스	1차, 2차	· 스마트 car, 스마트 Highway, ITS	Sensing +Control +Mgmt +Security

서비스를 필요로 하는 경우에는 지역적으로 구분되어 서비스를 제공할 수 있으므로 면허 필요 또는 면허 불요 모두 가능하며, 2차 사용이 가능한 서비스 특징을 보인다. 이들의 서비스에 적용되는 기술적 특징은 주로 WiFi 서비스에 적용되는 Mobile Broadband를 제외하고는 Sensing + Control + Management + Security 기능이 종합적으로 작용하는 서비스 특징을 보이고 있다.

따라서 이 기준을 적용하면 표 3에서 보는 바와 같이 개방형 스펙트럼을 이용할 8종류 서비스의 서비스 유형

표 4. 개방형 스펙트럼의 이용 서비스 유형과 이용형태  
Table 4. Service and usage type of open spectrum.

주파수 대역 (GHz)	대역폭 (MHz)	Access 유형	이용서비스	이용 형태
2.9~3.1	200	1 → 3 Tier	(S3)(S4)(S5)(S6)(S7)	2차 공동사용
3.1~3.3	200	2 → 2 Tier	(S3)(S4)(S5)(S6)(S7)	2차 공동사용
3.3~3.4	100	2 → 2 Tier	(S3)(S4)(S5)(S6)(S7)	2차 공동사용
3.4~3.5	100	2 → 3 Tier	(S1)(S2)(S3)(S4)(S5)(S6)(S7)	2차 공동사용
3.5~3.7	200	2 → 3 Tier	(S1)(S2)(S3)(S4)(S5)(S6)(S7)	2차 공동사용
3.7~4.2	500	2 → 3 Tier	(S1)(S2)(S3)(S4)(S5)(S6)(S7)	2차 공동사용
4.2~4.4	0	2 → 2 Tier	항공무선항행	X
4.4~4.5	100	2 → 3 Tier	(S1)(S2)(S3)(S4)(S5)(S6)(S7)	2차 공동사용
4.5~4.8	300	2 → 3 Tier	(S1)(S2)(S3)(S4)(S5)(S6)(S7)	2차 공동사용
4.8~5.0	200	1 → 3 Tier	(S1)(S2)(S3)(S4)(S5)(S6)(S7)	2차 공동사용
5.0~5.15	0	1 → 1 Tier	항공무선항행	X
5.15~5.250	100	2 → 3 Tier	WiFi(S1), M2M(S2)	2차 공동사용
5.25~5.350	100	2 → 3 Tier	WiFi(S1), M2M(S2)	2차 공동사용
5.35~5.47	0	1 → 1 Tier	항공무선항행	X
5.47~5.65	180	2 → 3 Tier	WiFi(S1), M2M(S2)	2차 공동사용
5.65~5.725	125	1 → 3 Tier	M2M(S2)	2차 공동사용
5.725~5.85	125	3 → 3 Tier	DSRC(S8), M2M(S2)	1,2차 공동사용
5.85~5.925	75	2 → 3 Tier	DSRC(S8), M2M(S2)	1,2차 공동사용
Total	2,605			

별 주파수 이용형태 및 이용특성을 정리할 수 있다.

3-3 개방형 스펙트럼의 효율적 이용방안

개방형 스펙트럼의 2차 공동사용에 의한 이용특성과 미래 창의적 서비스로서 적용 가능한 8대 서비스에 대하여 이용방안을 도출하였다. 이를 위하여 2차 공동사용의 경우, 적용대상이 되는 2.9~5.925 GHz 대역에서의 8대 서비스는 각각의 서비스에 대한 주파수를 충분히 공급할 수 있는 것으로 가정하였다. 즉, 서비스 별로 2차 공동사용에 따른 주파수 공급은 충분한 것으로 가정하였다. 이러한 분석에 따른 개방형 스펙트럼에서의 이용서비스 유형 및 주파수 이용형태를 도출하면 표 4와 같다.

여기에서 Access유형의 1 → 3 Tier는 당초 1 Tier Access에서 3 Tier Access로 전환하여 적용하며, 이들 서비스는 2차 공동사용으로 3차 Tier에 개방형 대역으로 사용할 수 있음을 의미한다. 4.2~4.4 GHz 대역, 5.0~5.15 GHz 대역, 5.35~5.47 GHz 대역은 공공에서 항공무선항행 대역으로 있어 이용대역에서 제외하고, 총 2,605 MHz 대역 폭에서 적용 가능한 서비스를 제시하였다. 제시된 서비스는 대역의 특성에 따라 (S1)~(S8) 서비스가 적합 서비스로 제시되었다. 각각의 서비스의 이용형태는 개방형 스펙트럼 특성에 따라 2차 공동사용을 적용하였다.

IV. 개방형 스펙트럼 이용의 사회경제적 파급 효과 분석

4.1 사회경제적 파급 효과 분석의 개요

개방형 스펙트럼 이용의 사회경제적 파급 효과는 서비스 유형에 따른 서비스 시장, 장비시장에 대한 파급 효과 및 사회적 파급 효과로 구분하여 판단할 수 있다. 여기에서는 사회경제적 파급 효과 분석을 위하여 시장분석 전문가에 의한 설문조사<sup>3)</sup>를 이용하였다. 설문조사는 [부록]에서 보는 바와 같이 전문가들을 직접 면담 전달하여 의견을 조사하였다.

3) 설문조사는 2013년 11월 1일~5일 사이에 IT 시장분석업무 10년 이상 된 시장분석 전문가를 대상으로 진행하였다. 이 연구에서는 소수의 시장분석 전문가에게 설문하였는바, 그 이유는 전파이용서비스 및 관련 시장에 대한 전문가적 판단을 필요로 하였기 때문이다. 설문대상 집단의 대표성을 구하기 위한 것이 아니라, 미래 시장에 대한 전문가적 의견을 구한 것으로 IT분야 시장에 대한 오랜 기간 동안 축적된 식견과 판단을 필요로 하였기 때문이다.

표 5. 개방형 전과정적으로 적용 가능한 서비스 및 장비 시장 유형

Table 5. Services and equipments market suitable for open spectrum policy.

서비스 유형	이용 형태	서비스 내용	특징	장비 시장 유형
이동통신 서비스 보조, WiFi	2차	· 이동통신서비스(MobileBroadband Service) 보조망 · Wireless 인터넷	Mobile Broadband	E1, E2
M2M, IoT, RFID/USN 서비스	1차, 2차	· 보안감시, 재난감시, 환경감시, 풍유통관리, 교량/건물 안전관리 원산지/정품관리, 상품이력관리, 모바일결제서비스 등	Sensing+ Control+Mgmt	E1, E2, E3
스마트 그리드 서비스	1차	· SmartGrid, 원격검침, 에너지공급관리, 에너지이용관리서비스 등	Sensing+ Control+Mgmt	E2, E3
헬스케어 서비스	1차	· 원격진료, 의료지원, 원격검진, 응급의료, 무선의료 서비스 등	Sensing+ Control+Mgmt+ Security	E2, E3
지역커뮤니티서비스	2차	· spot 지역서비스(운동장, 시장, 축제장, 캠퍼스 중계/방송/안내 등) 등	Sensing+ Control	E1, E2
원격 미디어 서비스	2차	· 원격교육, 원격훈련, 원격모니터링, CC-TV 제어, 원격감시, 원격제어(로봇), 원격보육, 원격교통안내 서비스 등	Sensing+ Control +Mgmt+ Security	E2, E3
스마트 홈서비스	1차, 2차	· Smart Home/Office/Factory 서비스	Sensing+ Control+Mgmt+ Security	E2, E3
DSRC 서비스	1차, 2차	· 스마트 car, 스마트 Highway, ITS	Sensing+ Control+Mgmt+ Security	E2, E3

여기에서 적용한 서비스 유형은 3장에서 본 바와 같이 크게 8가지로 나누었으며, 각 서비스별 이용형태는 '1차', '2차' 또는 '1차, 2차'로 구분하였다. 해당 서비스가 장비

시장에 미칠 영향력도 다양하여 장비 시장의 유형은 다음 세 가지로 구분하였다.

- (E1) 모바일 단말 및 관련 부품, 소자
- (E2) 모바일 네트워크 장비 및 관련 부품 소자
- (E3) 산업용/공공용 전파이용 기기 및 관련 부품 소자

주요 서비스별로 창출할 장비시장의 유형은 해당 시장 분석 전문가들의 의견을 종합적으로 반영하여 표 5와 같이 도출하였다.

먼저 개방형 전파정책으로 도입될 서비스에 대한 파급 효과를 도출하기 위하여 부록의 설문지에서 보는 바와 같이 정성적 또는 정량적인 판단을 구하는 질문으로 구성된 설문지를 작성하였다. 우선 시장 규모에 대한 정성적인 평가를 5점 척도로 수행하도록 요청하였는데, 크게 장비시장과 서비스 시장으로 나누어 질문하였다.

그리고 사회적 파급 효과에 대한 전망도 5점 척도로 같이 요청하였는데, 편리성, 즐거움, 복지 등 소비자 후생 향상 효과, 공공 안전 및 국가안보 향상 효과, 공공 헬스케어 대응 효과, 교육 및 훈련 향상 효과, 시민참여 (SNS 등) 향상 효과, 공동체의 소통 향상, 에너지 절약 및 환경 보존 효과, 일자리 창출과 경제성장, 민간투자 확대 및 기업 활동 효율화 등을 종합적으로 고려하여 응답하도록 하였다. 이러한 평가기준은 일반적으로 전파를 이용한 ICT 서비스가 제공할 것으로 기대되는 편익과, ICT 기술 및 서비스의 발달로 인한 생활문화의 변화를 고려하였다.

마지막에는 위 세 가지 요소를 모두 종합하여 정성적인 평가를 수행하도록 요청하였다(5점 척도). 그리고 각 산업별로 전망과 이해를 돕기 위한 참고 자료를 추가로 확보하기 위하여 시장 및 산업의 구체적인 규모(억원 단위)에 대한 정량적인 평가도 요청하였다.

본 설문조사와 분석에 사용된 전제조건은 다음과 같다. 첫째, 정책적 실현 가능성의 차이로 인해 발생할 경제적 가치 창출의 변화는 고려하지 않았다. 즉, 제안된 기술과 서비스들이 내용적으로 우수하고, 시장에서 수요를 창출할 수 있는 잠재력이 클지라도 정책적 결정에 의해 부정적인 영향을 받을 여지는 많다. 일례로 지상파 DMB 서비스의 경우, 혁신적인 기술과 호의적인 시장의 반응에도 불구하고, 정책적으로 무료 보편적 서비스로 취급함으로써

결과적으로는 광고에 의존하는 비즈니스 모델을 구축하여 서비스 성장에 한계가 나타난 사례가 있다. 그러므로 정책적 요인에 의해 서비스 제공이 제약을 받거나, 심지어 서비스가 제공되지 못하게 될 경우에는 잠재력에 비해 창출하는 경제적 효과가 현저하게 떨어질 수 있다. 그러나 정책 환경과 결정은 많은 변수들의 영향을 받게 되므로 예측이 어렵다. 즉, 정책 환경에 대한 전망이 많은 오류를 내포할 수 있으므로, 본 연구에서는 정책 환경이 잘 정비되어 있는 상황을 가정하였다.

둘째, 시장에서 서비스 및 장비 공급의 차질로 인한 경제적 가치 창출의 변화는 고려하지 않았다. 시장에서 수요가 있더라도 공급이 이를 충족시키지 못할 경우에는 시장의 규모가 예상보다 축소될 위험이 크다. 실제 스마트폰이 처음 출시되었을 때 수요를 공급이 따라 가지 못함으로써 시장이 정체된 경험이 있다. 그러나 일반적으로 수요가 시장을 이끌어가고 있는 ICT 산업 환경과, 공급부족 현상이 빠르게 해소될 수 있음과 공급부족에 대해서 엄밀한 예측이 어려운 점 등을 종합적으로 고려하여 수요를 충분히 만족시킬 만큼 공급이 뒷받침되는 상황을 가정하였다.

셋째, 시장의 크기는 관련 서비스 시장이 성숙된 시점에서 연간 시장 규모로 판단하였다. 동일한 서비스 혹은 장비라 하더라도 초기 시장의 규모와 포화된 시장의 규모는 큰 차이가 난다. 그러므로 응답자들에게 동일한 판단 기준을 제공할 필요가 있고, 보다 익숙한 자료를 이용하여 직관적으로 판단하도록 유도하는 것이 응답의 정확도 향상을 위해 중요할 것이다. 그리하여 설문조사에서는 시장이 포화된 시점에서의 연간 시장의 규모를 응답하도록 하였다. 이 과정에서 판단의 정확한 기준을 제공하기 위하여 2011년 국내 이동통신 서비스 시장규모(20조 3천억원), 지상파방송 매출 규모(3조 9천억원), 케이블 방송 매출 규모(2조 천억원), 휴대폰 및 스마트폰 생산 규모(7조 천억원), 디지털TV 수상기 생산 규모(6조 4천억원) 등 전파를 이용하는 활성화된 IT 서비스 및 장비 시장의 규모를 참고로 제시하였다.

넷째, 이용자의 입장에서는 주파수 대역 구분에 대한 인지도가 낮고, 특정 대역의 사용에 대한 선호도가 형성되어 있지 않을 가능성이 높다. 그보다는 오히려 서비스

의 품질과 가격에 대한 관심이 더욱 높을 것이다. 실제 주파수 대역별로 8가지의 서비스에 대한 선호를 나누어 질문할 경우, 어떤 서비스가 해당 대역에서 가장 적합할지에 대한 판단이 불가능할 것이다. 그러므로 소비자는 네트워크의 기술적 특성에는 무관심하다는 전제 하에 전체 대역을 대상으로 서비스별 전망을 질문하였다. 여기에는 어떤 대역에서도 해당 서비스들을 구현할 수 있도록 기술적으로 뒷받침이 가능하다는 전제가 포함된 것이며, 또한 기술의 발전으로 말미암아 대역의 차이에도 불구하고, 서비스의 품질은 동질하다는 가정도 추가한 것이다.

4.2 설문조사 결과 분석

표 6에서 보는 바와 같이 서비스시장에서는 이동통신 서비스 보조, WiFi가 4.375로 가장 높은 기대를 받았다. 그리고 DSRC 서비스가 3.875로 뒤를 이었고, M2M, IoT, RFID/USN 서비스가 3.750으로 평균(3.375)을 웃도는 높은 기대를 받는 것으로 나타났다. 한편, 지역커뮤니티서비스와 스마트그리드서비스는 가장 낮은 기대를 받는 것으로 나타났다.

장비시장 역시 이동통신서비스 보조, WiFi가 4.375로 가장 높은 기대를 받았으며, DSRC 서비스와 M2M, IoT, RFID/USN 서비스가 3.875로 뒤를 이었다. 헬스케어서비스

표 6. 개방형 전파로부터 창출되는 사회경제적 효과  
Table 6. Socio-economic effect created from open spectrum.

구분	경제적 파급 효과		사회적 파급 효과	종합
	서비스	장비		
이동통신서비스보조 WiFi	4.375	4.375	4.375	4.500
M2M, IoT, RFID/USN 서비스	3.750	3.875	3.875	4.000
스마트그리드서비스	3.000	3.250	2.875	3.125
헬스케어서비스	3.250	3.750	3.375	3.500
지역커뮤니티 서비스	2.500	2.500	2.875	2.625
원격미디어서비스	3.125	3.000	3.500	3.375
스마트홈서비스	3.125	3.250	3.000	3.125
DSRC 서비스	3.875	3.875	3.875	3.875
평균	3.375	3.484	3.469	3.516

가 3.75로 뒤를 이었는데, 평균치(3.484)를 웃도는 높은 기대를 받았다. 지역커뮤니티서비스와 원격미디어서비스는 가장 낮은 기대를 받는 것으로 나타났다.

사회적 파급 효과 측면에서는 이동통신서비스 보조, WiFi가 4.375로 가장 높은 기대를 받았으며, DSRC 서비스와 M2M, IoT, RFID/USN 서비스가 3.875로 뒤를 이었다. 다음으로 원격미디어서비스가 3.5로 뒤를 이었는데, 평균치(3.469)를 웃도는 기대를 받았다. 반면, 지역커뮤니티서비스와 스마트그리드서비스는 가장 낮은 기대를 받는 것으로 나타났다.

이상의 세 가지 효과를 종합한 결과, 이동통신 서비스 보조, WiFi가 4.5로 가장 높은 기대를 받았으며, M2M, IoT, RFID/USN 서비스가 4.0, DSRC 서비스가 3.875로 뒤를 이어 평균치(3.516)를 웃도는 기대를 받았다.

한편, 서비스시장, 장비시장, 사회적 파급 효과, 종합평가 등은 모두 유사한 추세를 보이고 있는데, 이동통신서비스보조, WiFi가 항상 압도적이었다. DSRC 서비스와 M2M, IoT, RFID/USN 서비스가 비슷한 수준에서 2위, 헬스케어서비스가 4위를 차지하였다. 한편, 모든 부문에서 지역커뮤니티서비스가 가장 낮은 기대를 받았다.

V. 결 론

전파는 모바일 시대를 지탱하는 가장 중요한 토대로써, 현대 사회에서는 수요에 비해 항상 공급이 부족한 유한한 핵심 자원이기도 하다. 본 논문에서는 주파수를 혁신적이고 창의적으로 이용할 수 있는 개방형 전파정책을 2.9~5.925 GHz 대역에 적용하여 창출 가능한 경제적·사회적 파급 효과를 정성 혹은 정량적으로 추정하였다. 이를 위하여 해당 대역에서 제공 가능한 8가지 유형의 서비스를 도출하였고, 시장분석 전문가들에 의한 사회경제적 파급 효과 분석을 시도하였다.

설문조사를 통해 서비스, 장비시장 및 사회적 파급 효과를 분석하기 위하여 5점 척도 형태로 질문하였고, 추가적인 정보를 얻기 위하여 구체적인 시장규모에 관한 추정을 하도록 하였다. 분석을 통하여 이동통신서비스 보조, WiFi, M2M, IoT, RFID/USN 서비스, DSRC 서비스 등이 가장 높은 효과를 창출할 것임을 확인할 수 있었다. 반

대로 지역 커뮤니티 서비스와 스마트 그리드 서비스가 가장 낮은 효과를 창출할 것임도 확인할 수 있었다.

이 연구는 다음과 같은 몇 가지의 정책적 함의를 제공하고 있다. 첫째, 개방형 전파정책이 경제적, 사회적으로 효과를 창출할 가능성이 높다는 것이다. 즉, 새로운 전파 정책 개념을 도입하여 실제로 우리나라에서 실현하고자 할 때, 본 연구의 결과가 이러한 노력의 타당성을 뒷받침하는 중요한 근거가 될 것이다.

둘째, 새로운 정책의 시행에는 일반적으로 시행착오가 따르고, 충분한 결과가 도출되기까지는 시간이 예상보다 오래 소요될 수도 있다. 그리고 정책 도입에 따른 책임소재도 중요한 문제가 된다. 그러므로 개방형 스펙트럼 적용 시 본 연구에서 효과가 높은 것으로 나타난 이동통신서비스 보조, WiFi, M2M, IoT, RFID/USN 서비스, DS-RC 서비스 등의 세 분야에 대하여 ‘선택과 집중’ 전략을 구사하여 우선순위를 두고 실행에 옮긴다면 정책의 성공 가능성이 더욱 높아질 것이다. 이후 2단계로 중간 그룹에 포진한 서비스들을 도입하면 1단계 사업의 성공에 대한 인식으로 인하여 추진이 보다 원활할 것으로 기대된다.

[부록] 설문지

안녕하십니까?

한국전자과학회 산하의 전파정책특별위원회는 ‘개방형 전파정책을 통한 창조경제 창출’에 대한 시장규모 및 사회적 파급 효과를 예측하고 있습니다.

개방형 스펙트럼이란 정해진 규정(rules)을 만족하면 누구나 사용할 수 있는 대역을 의미합니다. 개방형 스펙트럼은 전파의 이용효율이 높고, 누구나 진입하여 창의적 이용이 가능하며, 주파수 이용 경쟁을 활성화시키는 것으로 보고되고 있습니다. 그리하여 서비스 비용 절감, 서비스의 혁신 및 새로운 비즈니스 기회의 창출을 통해 전파산업의 경쟁력을 강화시키고, 창조경제에 기여할 것으로 기대되고 있습니다. 그리고 전파의 소유자인 국민에게 다시 사용권을 돌려주는 정책이므로, 민주주의의 이상에 맞는 전파정책으로 평가받기도 합니다.

최근 스마트 사회의 도래와 함께 주파수에 대한 수요

가 폭증하고 있습니다. 그리하여 전파자원에 대한 수요와 공급의 불균형이 초래되는 반면, 공공 주파수 자원의 이용률은 낮은 상황입니다.

본 연구위원회는 개방형 스펙트럼 정책을 통하여 2.9~6.0 GHz 대역에서 시행될 가능성이 높고 파급 효과가 클 것으로 기대되는 8가지의 서비스를 도출하였습니다. 본 설문에서는 주파수 관련 정책 전문가들을 대상으로 각 서비스별로 서비스 시장 규모, 장비 시장 규모, 사회적 파급 효과 등을 질문 드리고, 종합적인 평가도 내려주시기를 부탁드립니다. 아래에 제시된 설명을 참조하신 후, 작성 방법에 따라 작성을 해 주십시오. 감사합니다.

2013.11.

한국전자과학회 전파정책특별위원회

<개방형 스펙트럼에 사용 가능한 8가지 서비스>

구분	내용	특징
① 이동통신 서비스 보조 WiFi	· 이동통신서비스(Mobile Broadband Service) 보조망 · Wireless 인터넷 등	Mobile Broadband
② M2M, IoT, RFID, USN 서비스	· 보안감시, 재난감시, 환경감시, 식품유통관리, 교량/건물 안전관리, 산지/정품관리, 상품이력관리, 모바일결제서비스 등	Sensing+Control +Mgmt
③ 스마트 그리드 서비스	· SmartGrid, 원격검침, 에너지공급관리, 에너지 이용 관리 서비스 등	Sensing+Control +Mgmt
④ Healthcare 서비스	· 원격진료, 의료지원, 원격검진, 응급의료, 무선의료 서비스 등	Sensing+Control +Mgmt+Security
⑤ 지역 Community 서비스	· Spot 지역서비스(운동장, 시장, 축제장, 캠퍼스 중계/방송/안내등) 등	Sensing+Control
⑥ 원격미디어 서비스	· 원격교육, 원격훈련, 원격모니터링, CCTV 제어, 원격감시, 원격제어(로봇), 원격보육, 원격교통안내 서비스 등	Sensing+Control +Mgmt+Security
⑦ 스마트 home 서비스	· Smart Home/Office/Factory 서비스 등	Sensing+Control +Mgmt+Security
⑧ DSRC 서비스	· 스마트 car, 스마트Highway, ITS 등	Sensing+Control +Mgmt+Security

**<설문지 작성 방법>**

- 서비스 시장과 장비시장의 규모는 5점 척도를 이용하여 1점~5점 사이에서 평가해 주시면 되는데, 1점은 매우 작음, 5점은 매우 큼을 의미합니다.
- 경제성의 규모는 예상되는 시장 및 산업의 규모를 정량적으로 억원 단위로 기술해 주시면 됩니다. 이 때 규모는 관련 서비스 시장이 성숙된 시점에서 연간 상업용 시장 규모를 의미합니다.  
(※ 참고: 2011년 국내 이동통신 서비스 20조 3천억원, 지상파방송 매출 3조 9천억원, 케이블 방송 매출 2조 천억원, 휴대폰+스마트폰 생산 7조 천억원, 디지털TV 수송기 생산 6조 4천억원 등)
- 사회적 파급 효과는 소비자 후생 향상(편리성, 즐거움, 복지 등), 공공 안전 및 국가안보 향상, 공공 health care 대응, 교육 및 훈련 향상, 시민참여 (SNS 등) 향상, 공동체

소통 향상, 에너지 절약 및 환경 보존, 민간투자 확대 및 기업활동 효율화, 일자리 창출과 경제성장 등을 종합적으로 고려하여 판단하시기 바랍니다.  
 • 종합 평가는 경제성과 파급 효과를 종합적으로 고려하여 5점 척도로 표기해 주시기 바랍니다.

**<설문지 설명>**

- 이용 형태 1차와 2차는 면허가 불필요한 1차 공동사용(Horizontal Shared Access)과 2차 공동사용(Horizontal Shared Secondary Access)입니다.
- 장비 시장의 유형은 다음 세 가지로 구분할 수 있습니다.
  - (E1) 모바일 단말 및 관련 부품, 소자
  - (E2) 모바일 네트워크 장비 및 관련 부품 소자
  - (E3) 산업용/공공용 전파이용 기기 및 관련 부품 소자

**<설문지>**

서비스유형	이용 형태	서비스 내용	특징	장비 시장 유형	가치분석				
					경제성			사회적 파급 효과 (5점)	종합 (5점)
					서비스 시장 (5점)	장비 시장 (5점)	규모 (억원)		
① 이동통신 서비스보조 WiFi	2차	· 이동통신서비스(MobileBroadband Service) 보조망 · Wireless 인터넷	Mobile Broadband	E1, E2					
② M2M, IoT, RFID, USN 서비스	1차, 2차	· 보안감시, 재난감시, 환경감시, 식품유통관리, 교량/건물 안전관리, 원산지/정품관리, 상품이력관리, 모바일결제서비스 등등	Sensing+ Control+Mgmt	E1, E2, E3					
③ 스마트 그리드 서비스	1차	· SmartGrid, 원격검침, 에너지공급관리, 에너지이용관리서비스 등	Sensing+ Control+Mgmt	E2, E3					
④ Healthcare 서비스	1차	· 원격진료, 의료지원, 원격검진, 응급의료, 무선의료 서비스 등	Sensing+ Control+Mgmt+ Security	E2, E3					
⑤ 지역 Community 서비스	2차	· Spot 지역서비스(운동장, 시장, 축제장, 캠퍼스 중계/방송 /안내 등) 등	Sensing+ Control	E1, E2					
⑥ 원격 미디어 서비스	2차	· 원격교육, 원격훈련, 원격모니터링, CCTV 제어, 원격감시, 원격제어(로봇), 원격보육, 원격교통안내 서비스 등	Sensing+Control +Mgmt+Security	E2, E3	점	점	원	점	점
⑦ 스마트 home 서비스	1차, 2차	· Smart Home/Office/Factory/Highway 서비스	Sensing+ Control+Mgmt+ Security	E2, E3					
⑧ DSRC 서비스	1차, 2차	· 스마트 car, 스마트 Highway, ITS	Sensing+ Control+Mgmt+ Security	E2, E3					

References

[1] SCF Associates Ltd., Simon Forge, Robert Horvitz and colin Blackman(2012.02.10.), "Perspectives on the value of shared spectrum access", *Final Report for the European Commission*, p. 19, Feb. 2012.에서 재인용.

[2] Jon M. Peha, "Sharing spectrum through spectrum policy reform and cognitive radio", *Proceedings of the IEEE Special Issue on Cognitive Radio*, 2009.

[3] A. Hulbert, Z. Dobrosavljevic, Study into Mixed Sharing - Converged Solutions, 2004.

[4] Kevin Werbach, "Open spectrum: The new wireless paradigm", <http://www.release1-0.com>, 2002.  
Open Spectrum Alliance, "Open Spectrum Alliance(OSA) Principles - Version 1.0", 2003.

[5] Eli M. Noam, "Taking the next step beyond spectrum auction: open spectrum access", *IEEE Communications Magazine*, Dec. 1995.

[6] E. M. Noam, "Spectrum auctions: yesterday's heresy, today's orthodoxy, tomorrow's anachronism: Taking the next step to open spectrum access", *Journal of Law and*

*Economics*, vol. 56, no. 2.

[7] Donald Evans, "Spectrum policy for the 21<sup>st</sup> century", *The President's Spectrum Initiative: Report*, Jun. 2004.

[8] 김창주, 강영홍, 계경문, 김영수, 박덕규, 박석지, 배정기, 윤현보, "주파수 공동사용 정책 및 주파수 이용권 분석", *한국전자과학회논문지*, 24(8), pp. 805-819, 2013년 8월.

[9] 오세준, 강영홍, 배정기, 박덕규, "1~4.5 GHz 대역내의 공동사용 후보주파수대역 발굴", *한국전자과학회논문지*, 24(8), pp. 820-830, 2013년 8월.

[10] 박석지, 김창주, 박덕규, "공동사용주파수의 사회경제적 가치분석", *한국전자과학회논문지*, 24(8), pp. 831-840, 2013년 8월.

[11] 박석지, 박덕규, "전파이용확산에 따른 전파산업 활성화 방향", *한국전자과학회논문지*, 24(7), pp. 701-709, 2013년 7월.

[12] 한국전자과학회, 개방형 전파정책을 통한 창조경제 창출 방안 연구, 방송통신정책연구 13-진흥-029, 2013년 12월.

박 석 지



1975년 2월: 고려대학교 금속공학과 (공학사)  
 1978년 9월: 고려대학교 산업공학과 (공학석사)  
 1984년 9월: 고려대학교 산업공학과 (공학박사)  
 1994년 8월~1995년 7월: 영국만체스터대

학 PREST 방문연구원

1984년 3월~현재: 한국전자통신연구원 기술경영연구소장, 기획관리본부장 역임

현재: 창의미래연구소 책임연구원

[주 관심분야] 전파정책, 전파산업, 정보통신기술정책, 정보통신정책

박 덕 규



1984년 2월: 인천대학교 전자공학과(공학사)  
 1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1992년 4월: 일본 게이오대학교 전기공학과 (공학박사)  
 1992년~1995년: 일본 우정성 통신종합연

구소

1995년~현재: 목원대학교 정보통신융합공학부 교수

2002년: 일본 전자정보통신학회(IEICE) 우수 논문상 수상

[주 관심분야] 무선통신, 주파수 분배, 소출력, 무선설비기술기준

김 창 주



1976년~1980년: 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)  
1986년~1988년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)  
1989년~1993년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)  
1979년 12월~1983년 3월: 국방과학연구

소 연구원

1983년 3월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원  
1994년~1998년: 한국전자통신연구원 전파신호처리연구실장  
1999년~2001년: 한국전자통신연구원 이동통신모뎀연구부부장  
2003년~2010년: 한국전자통신연구원 전파기술연구부부장  
[주 관심분야] 이동통신, 전파기술, Cognitive Radio 기술 등

강 영 흥



1980년 3월~1984년 2월: 한국항공대학교 통신공학과 (공학사)  
1984년 3월~1986년 2월: 한국항공대학교 전자공학과 (공학석사)  
1989년 3월~1993년 2월: 한국항공대학교 전자공학과(공학박사)  
1988년 3월~1990년 2월: 한국항공대학교

통신공학과 조교

1995년 8월~1996년 8월: 일본 오사카대학 객원교수  
2003년 8월~2005년 2월: 영국 York대학 방문교수  
1990년 4월~현재: 군산대학교 정보통신공학과 교수  
[주 관심분야] 위성통신, 이동통신, 정보통신 표준화, USN