

5G 이동통신시스템 동향 및 기술적 요구사항

박재성* · 김범준**

Trends and Technical Requirements for 5G Mobile Communication Systems

Jae-Sung Park* · Beom-Joon Kim**

요 약

4세대 이동통신인 LTE의 성공적인 도입과 함께 최근 유럽, 중국, 일본 등 주요국은 2020년 5세대 이동통신 상용화를 목표로 기술, 표준화, 시장 주도를 위해 경쟁적으로 연구 개발 및 투자를 본격화하고 있다. 본 논문에서는 5G 이동통신의 향후 발전 방향을 가늠해보기 위해서 현재 국내외에서 진행되고 있는 5G 이동통신시스템의 전반적인 동향과 함께 각 국가에서 설정하고 있는 시스템 요구사항에 대해서 살펴보고자 한다.

ABSTRACT

With the successful deployment of 4G mobile communications such as Long-Term Evolution(: LTE), global leading countries including Europe, China, and Japan have been made an effort to take the lead in technology, standardization, and market with targeting the commercialization of 5G mobile communication in 2020. In order to judge the future evolution of a 5G mobile communication system, this paper discusses the comprehensive trends and the requirements set by each countries for the 5G mobile communication systems.

키워드

5G Mobile Communication, Standardization, Technical Requirements
5세대 이동통신, 표준화, 기술적 요구사항

1. 서 론

최근 스마트 폰의 광범위한 보급과 이를 통한 멀티미디어 및 SNS(: Social Networks Service) 서비스의 활성화로 인한 사용자가 소비하는 트래픽 양이 꾸준한 증가하고 있고 향후 사물인터넷(IoT : Internet of Things)이 본격적으로 도입된다면 사물 간(Machine-to-Machine) 및 사물과 사람 간(Machine-to-Human) 트래픽이 급증할 것으로 예상되

고 있다. 미국의 대표적인 네트워크 장비업체인 시스코는 2015년 발간된 VNI(: Visual Networking Index)를 통해서 2013년 69억 개이던 전 세계 모바일 디바이스가 2014년 74억 개로 증가하였고 특히 인터넷에 연결되는 디바이스의 숫자는 2019년 115억 개에 이를 것으로 예상하였는데 이 중 사람이 사용하는 휴대용 모바일 단말은 83억 개이고 사물 간 통신에 사용되는 디바이스는 32억 개로 예상하고 있다.

* 수원대학교 정보보호학과 (jaesungpark@suwon.ac.kr) · Received : Sep. 18, 2015, Revised : Nov. 13, 2015, Accepted : Nov. 23, 2015
** 교신저자 : 계명대학교 전자공학과 · Corresponding Author : Beom-Joon Kim
· 접수 일 : 2015. 09. 18 Dept. Electronic Eng., Keimyung University,
· 수정완료일 : 2015. 11. 13 Email : bkim@kmu.ac.kr
· 게재확정일 : 2015. 11. 23

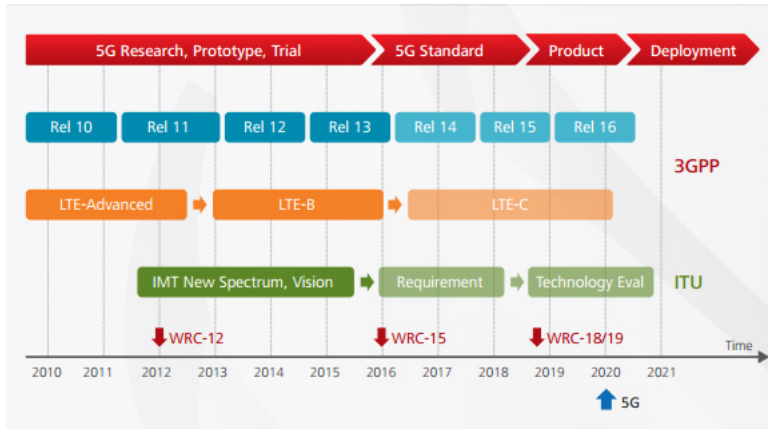


그림 1. 주요 표준화 단체의 5G 표준화 추진 일정

Fig. 1 The milestones for the standardization from the major standard organizations

서비스 측면에 있어서도 증강현실/가상현실, 초고정밀 위치기반 서비스, 홀로그램 서비스, 스마트 헬스케어 서비스 등 모바일 서비스를 기반으로 한 다양한 분야에서의 모바일 융합서비스들이 등장하여 그에 따른 추가적인 트래픽 수요가 증가할 것으로 예상되는데 이들 다양한 서비스들은 기존 서비스들보다 빠른 전송 속도, 작은 종단 간 전송 지연, 고속 이동성 지원, 높은 통신 신뢰도, 방송과 같은 특성을 요구하고 있다[1-2].

이와 같은 추세를 반영하기 위해서는 새로운 주파수 대역을 할당하고 주파수 이용 효율성을 증대시키는 등의 기존의 모바일 통신 시스템의 본격적인 진화가 필요한데 이를 위한 노력들은 5G라는 이름하에 이루어질 전망이다[2-3]. 이에 본 논문에서는 5G 이동통신의 관련 업계 및 표준화 동향, 기술적 요구사항 등에 대해서 살펴보고자 한다.

II. 5G 이동통신의 전반적인 동향

2.1 5G 이동통신 표준화 동향

ITU-R에서는 현재 5G 기술의 비전 및 주파수 소요량 산출 작업을 진행 중에 있으며 향후 5G 후보 기술에 대한 기준 권고 및 후보 기술 선정을 위해 기술 전망보고서와 미래 이동통신 비전보고서를 작성 중에

있다. 기존 3G, 4G 등 이동통신 표준은 3GPP, 3GPP2, IEEE 등의 여러 단체에 의하여 추진되었으나 5G 기술 표준 개발에 있어서는 3GPP가 주도적 역할을 할 것으로 전망된다. 물론 세계 시장을 선도하기 위한 경쟁국의 이해관계에 따라 필요시 신규 표준화 단체의 등장 가능성도 충분히 존재한다[4].

5G 표준화는 그림 1과 같이 3GPP 기준으로 2016년 Rel.14에서 5G 표준화가 착수될 예정이며 Rel.15의 상용화 제품의 업그레이드된 표준화가 2019년부터 진행될 전망이다. 이동통신 기술 표준화는 주파수 확보와도 긴밀히 연결되어 있어 이동통신용 추가 주파수 확보를 위해 WRC¹⁾-15, WRC-18과 연계하여 각국에서 관련 주파수 기술 개발이 활발히 추진되고 있다.

3GPP에서는 비면허대역을 이용한 LTE 표준을 준비 중이며 와이파이 표준단체인 IEEE에서는 광역 와이파이 및 이동성 지원 기술을 개발 중에 있다.

NGNM(: Next Generation Mobile Networks) Alliance는 24개의 모바일 망 사업자, 네트워크 장비 제조사, 단말기 제조사, 연구 기관 등으로 구성된 포럼으로서 2013년 4분기에 5G 표준에 대한 요구사항 마련을 위한 작업을 시작하여 5G의 종단 간 요구사항을 작성한 바 있다[4].

1) World Radiocommunication Conference

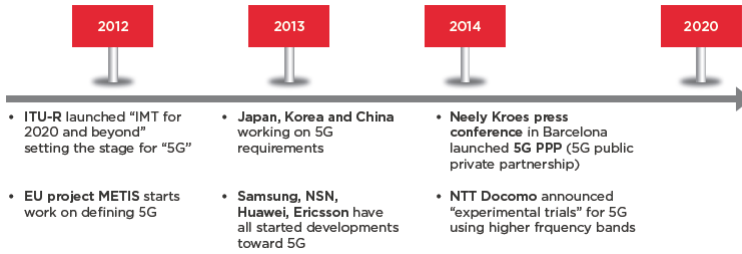


그림 2. 주요 국가 및 단체의 5G 추진 현황

Fig. 2 The future plan for 5G from major countries and companies

2.2 각국 및 주요 벤더들의 5G 동향

각국은 2016년부터 5G 표준화를 본격적으로 추진하여 주도권 확보를 위해 초기 단계부터 정부와 민간 기업의 협력을 기반으로 5G 연구에 경쟁적으로 투자하고 있다[4].

우리나라는 5세대 모바일 서비스 비전 및 중장기 기술혁신 전략을 수립하고 국내외 표준화 추진 지원 및 산·학·연·관 간 자유로운 소통의 장을 마련하고자 민·관 협의체인 '5G 포럼'을 2013년 5월 창립하였다.

유럽의 경우 연구 프로그램인 FP7(Seventh Framework Program) 산하 프로젝트로서 METIS(Mobile wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society)와 Horizon 2020의 5G PPP(Public Private Partnership)을 착수하여 5G 연구 재단 설립 및 대형 과제 형식으로 관련 원천 연구를 수행 중에 있으며 2014년부터 2020년에 걸쳐 2.4조원을 투입 예정이다. METIS는 장비제조사, 사업자, 자동차회사, 대학 등 29개의 파트너로 구성된 콘소시엄으로 2012년 12월에 5G 모바일 무선 통신 시스템 연구를 위해 설립되었다. METIS는 2013년에 5G에 대한 5개의 주요 시나리오, 12개의 테스트 케이스와 7개의 KPI(Key Performance Index) 및 이와 관련된 기술적 요구사항을 발표한 바 있다. 5G PPP는 5G 개발을 위한 주도권 확보를 위해 유럽에서 private sector와 결성된 조인트 프로젝트로서 5G 인프라에 대한 솔루션, 구조, 기술 및 표준 연구를 촉진하여 유럽의 기관들이 5G 핵심 특허를 적어도 20% 이상 개발하고 유럽 제조사들이 전 세계 미래 네트워크 인프라 시장을 적어도 35% 점유할 것을 목표로 하고 있다.

중국의 경우 5G 이동통신 연구개발 그룹인 IMT-2020(5G) 프로모션 그룹을 정부(공신부) 주도로 발족하여 기술, 표준화, 주파수 전략을 수립한 후 본격적으로 5G 연구에 착수하였고 일본의 경우 2013년에 ARIB(Association of Radio Industries and Businesses)를 통하여 차세대 모바일 통신 시스템의 개념, 기능 및 구조와 이를 통한 서비스 및 어플리케이션 연구를 위한 20BAH (: 2020 and Beyond Ad Hoc) 그룹을 설립하고 2020년 동경 올림픽에서 상용화된 5G 서비스 제공을 목표로 하고 있다.

그 외 에릭슨, 화웨이, 노키아지멘스네트웍, 삼성과 같은 주요 벤더들은 2013년에 이미 5G를 위한 연구 개발을 시작하였으며 같은 시기에 주요 모바일 망 사업자들도 자신들의 5G lab. trial에 대해 발표하였다. 연도별 주요 마일스톤 및 목표는 그림 2에 정리하였다[4].

III. 5G 이동통신을 위한 주파수 분배

3.1 이동통신 주파수의 국제 분배 현황

주파수 분배표는 ITU-R의 전파 규칙 제5조에 수록되어 있는데 통상 이동, 방송, 위성과 같이 업무별로 구분되지만 이동통신과 같이 국제적인 로밍을 위해 공통 주파수가 필요한 경우 국제적으로 용도를 전파 규칙 내에 지정하고 있다[5].

주파수 이용 변경은 전파 규칙의 주파수 분배표 개정을 통해 이루어지며 이는 3-4년마다 열리는 세계 전파통신회의를 통해 개정된다. 이동통신의 국제공통

주파수 개념은 1992년 WARC²⁾-92에서 1,885~2,025/2,110~2,200MHz에서 230MHz 대역폭을 IMT에 분배한 것에서 시작되었다. WRC-2000에서는 806~960MHz, 1,710~1,885MHz 및 2,500~2,600MHz 대역에서 519MHz의 대역폭을 국제 분배한 바 있고 WRC-07에서는 450~470MHz, 698~806MHz (제2, 3지역), 790~862MHz (제1지역), 2,300~2,400MHz, 3,400~3,600MHz의 428MHz (제2, 3지역)/392MHz (제2, 3지역) 대역폭이 분배된 바 있다.

ITU는 WRC-07에 대비하여 2020년에 최소 1,280MHz의 대역폭이 필요할 것이라고 예측하였으나 스마트폰의 등장으로 모바일 트래픽이 급증하여 추가 주파수 확보의 필요성을 제기 하였다. 이에 따라 2012년 ITU-R은 IMT 및 무선랜 추가 주파수 확보 의제를 채택하여 WRC-15에서 결정하기로 하고 JTG 4-5-6-7을 임시로 구성하였다. JTG는 IMT 관련 WRC-15 이슈를 논의하기 위해 SG 4(위성), SG 5(지상통신), SG 6(방송), SG 7(과학)으로 구성된 합동그룹으로서 무선랜 추가 주파수 확보 의제뿐만 아니라 제1지역의 700MHz 대역 IMT 이슈를 함께 다루기로 결정되었다[6].

3.2 이동통신 주파수 할당 현황

표 1에는 우리나라를 비롯한 주요국이 이동통신에 할당된 주파수 대역과 향후 계획을 정리하였다. 우리나라와 유사하게 미국, 영국 등 주요국은 현재 평균 약 370MHz의 주파수 대역폭을 사용하고 있고 추후 500MHz 이상의 주파수 대역폭을 추가로 확보할 계획을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다[6].

3.3 5G 주파수 논의 동향

WRC-15를 대비한 IMT 추가 주파수 소요량을 계산하기 위하여 WP(working party)5D는 권고안 M.1768에 나타난 기존의 소요량 산출방법을 사용하여 2020년까지 총 1,340MHz~1,960MHz의 대역폭이 더 필요하다는 결과를 도출하였고 IMT의 추가 주파수로서 적절한 주파수 대역을 410~430MHz 및 470~6,425MHz로 선정하였다. WP5A는 무선랜의 경우 2018년까지 최소 880MHz 대역폭이 더 필요하다는

표 1. 주파수 대역폭 할당 현황 및 2020년 계획
Table 1. Bandwidth allocation status and 2020 plan

Country	Current Bandwidth	Bandwidth to be expanded by 2020
US	545MHz	500MHz
UK	350MHz	750MHz
JAP	370MHz	340MHz
AUS	380MHz	696MHz
IND	200MHz	500MHz
KOR	390MHz	200MHz
AVG	370MHz	557MHz

결과를 도출하고 5,350~5,470MHz 및 5,725~5,850MHz의 적정 대역을 제안하였는데 이들 대역은 현재 사용 중인 5GHz 무선랜 주파수 대역과 연이어 사용할 수 있다는 장점이 있다.

1GHz 이하 후보대역에 대한 논의 동향을 보면 미국에 의해서 470~694/698MHz 대역이 제안되었다. 이 대역은 소수의 셀로 넓은 지역을 커버하므로 망 구축비 절감될 수 있으며 현 IMT 대역인 450~470/698~960 MHz에 연이어 사용할 수 있어 단말기 구현이 용이하다는 장점이 있다. 그러나 일부 주파수 대역이 방송 업무, 전파 천문 용도로 사용되고 있어 이에 대한 해결책이 필요하다.

1~3GHz 후보대역에 대한 논의 동향은 일부 주파수 대역이 지구탐사위성, 전파 천문, 방송 및 방송 위성, 항공이동 원격 측정 시스템 등이 사용하는 주파수 대역과 인접하기 때문에 간섭 완화 기술 등을 통하여 상호 운용을 보장하는 것이 필요하다[7].

3~5GHz 후보대역에 대한 논의 동향은 다소 부정적인데 예를 들어 3,300~3,400MHz 대역은 레이더와 공유가 불가능하고 3,400~4,200MHz 대역 및 후보대역 4,400~4,900MHz 대역은 고정 위성의 하향 링크와 동일한 대역인 경우 공유가 불가능하며, 4,800~5,000MHz 대역의 전파 천문과의 동일 대역 공유 역시 매우 어렵기 때문이다.

5~6GHz 후보대역에 대한 논의 동향은 무선랜 후보 대역인 5,350~5,470MHz와는 간섭완화기술을 적용하면 레이더와 양립 가능하다는 결과가 나왔으나 간섭 완화 기술의 실효성에 대해 의문을 표시하여 양립이 어렵다는 주장도 제기되고 있고 지구 탐사 위성과는 간섭 완화 기술을 적용하여 공유 가능성을 검토

2) World Administrative Radio Conference

중에 있다. 또 다른 무선랜 후보대역 5,725~5,850MHz에 대해서는 간섭 분석에 사용할 무선랜 파라미터가 아직 합의되지 않은 상태에 있고 후보대역 5,925~6,425MHz는 5,850~6,425MHz 대역의 고정 위성 상향링크와 IMT간 동일 채널 공유가 어려워 소출력으로 실내에서만 사용할 수 있다

마지막으로 주파수 효율증가 기술이 한계점에 접근함에 따라 데이터 용량 증대를 위해 추가 주파수 확보 필요성이 증가하고 있는데 앞서 살펴본 6GHz 이하 대역은 넓은 커버리지 등 전파 특성은 좋으나 기존 사용 업무들로 인해 추가 주파수 발굴에 한계가 있는 단점이 있다. 따라서 최근에는 이동통신 기술 발전에 따라 밀리미터/서브-밀리미터파 등 높은 주파수 대역에서 이동통신 활용 가능성이 제기되고 있다 [8-9]. 높은 주파수 대역은 연접한 광대역 폭 확보가 가능하고 다중 빔포밍(beamforming)을 위한 높은 주파수의 직진성 측면에서 유리한 장점을 가지고 있다. 우리나라는 15차 WP5D 회의부터 13.4~14GHz, 18.1~18.6 GHz, 27~29.5GHz, 38~39.5GHz 대역을 적합 대역으로 포함시킬 것을 주장해왔고 이에 힘입어 6GHz 이상 주파수 활용 가능성이 차기 WRC 의제로 추진될 예정이다.

IV. 5G 핵심 성능 요구사항

5G 이동통신 핵심 성능 요구 사항은 표준화 단계와 국가별로 중요하게 생각하는 부분이 다소 차이가 있으나 향후 표준화 회의를 통해 공통적인 사항을 정리하고 이견이 있는 사항은 조율될 것으로 예상된다.

표 2. ITU-R WP5D 핵심 성능 요구사항

Table 2. ITU-R WP5D key performance requirements

Parameter	Value
Maximum Throughput	20Gbps
User Throughput	100Mbps ~ 1Gbps
Mobility	500Km/h
Latency	1ms (radio interface)
Call Density	106 ~ 107 per Km ²
Energy Efficiency	100 times higher than 4G
Spectral Efficiency	2 ~ 5 times higher than 4G
Capacity per m ²	10Mbps/m ²

4.1 ITU-R

ITU-R은 5G 이동통신 사용자, 서비스 동향 및 핵심 성능을 포함하는 비전 권고를 제시하였다. 그리고 무선 인터페이스 기술, 새로운 서비스 기술, 사용자 경험 향상 기술, 에너지 효율 향상 기술, 단말 기술, 네트워크 기술, 사생활과 보안 기술 및 전송속도 향상 기술 등을 포함하는 기술동향 보고서 작업을 완료한 바 있다.

4.2 5G 포럼 (대한민국)

5G 포럼은 차세대 통신기술 선도와 ICT 산업발전을 위해 산학연 등 다양한 주체가 참여하고 있다. 5G 포럼은 다음과 같은 5G 성능 요구사항 제시하고 있으며 특히 셀 경계 사용자 전송 속도에 대한 요구사항을 명시한 것이 특징이다.

표 3. 5G포럼의 5G 이동통신 핵심 성능 요구사항
Table 3. 5G Forum key performance requirements

Parameter	Value
Cell Spectral Efficiency	DL: 10bps/HzUL: 5bps/Hz
Maximum Throughput	> 50Gpbs
Transmission Rate at Cell Edge	DL: 1Gpbs UL: 0.5Gpbs
Latency	Control Plane : 50ms User Plane : 1ms
Mobility	> 350Km/h

4.3 삼성전자 (대한민국)

삼성전자는 다음과 같은 7가지 5G 요구사항을 제시하였으며 이를 실현하기 위한 핵심 기술로 6GHz 이상의 대역에서의 통신 기술, FQAM (: Frequency and Quadrature Amplitude Modulation)/FBMC (: Filter Bank Multicarrier) 등의 코딩 기술, 변조 기술 및 다중 접속 기술, 향상된 MIMO 및 빔포밍 기술, 스몰셀 기술, 간섭 관리 기술을 제시하고 있다.

표 4. 삼성전자 5G 이동통신 성능 요구사항
Table 4. Samsung's key performance requirements

Parameter	Value
Maximum Throughput	Stage 1 : 6Gbps/Hz Stage 2 : 50Gbps/Hz
Transmission Rate at Cell Edge	1Gbps
Cell Spectral Efficiency	10bps/Hz
Latency	< 5ms (end-to-end) < 1ms (wireless)
Mobility	> 350Km/h
Simultaneous Connections	10 times more than 4G
Cost Efficiency	50 times more than 4G

3.4 유럽

범유럽 연구 개발 프로그램인 Horizon 2020 중에서 5G 관련 연구개발을 수행하기 위한 5G PPP에서는 다음과 같은 6가지 운용관련 5G KPI를 정의하였다.

표 5. 5G PPP의 5G 이동통신 핵심 성능 요구사항
Table 5. 5G PPP key performance requirements

Parameter	Value
Capacity per m ²	1,000 times over than 4G
Number of Device	10-100 times more than 4G
User Throughput	10-1000 times higher than 4G
Energy Consumption	10 times lower than 4G
Latency	< 1ms (end-to-end)
Access	Ubiquitous 5G access

3.5 일본

일본은 20BAH를 구성하여 5G 백서 작성하여 발간하였고 5GMF(The Fifth Generation Mobile Communications Promotion Forum)을 구성하여 5G 기술연구, 국제 협력, 홍보 등을 할 예정이다.

표 6. 20BAH의 5G 이동통신 핵심 성능 요구사항
Table 6. 20BAH key performance requirements

Parameter	Value
Maximum Throughput	> 10Gbps
Mobility	500Km/h
Capacity per m ²	1,000 times over than 4G
Number of Device	10,000 per cell
Latency (user plane)	1ms
Energy Reduction	1/n

3.6 중국

5G 기술 개발과 국제 공조를 위해 정부의 3개 부처가 설립한 IMT-2020 Promotion group을 중심으로 5G 요구사항과 기술을 개발하였다. 중국은 ITU-R WP5D에서 작업 중인 비전 문서에서 다음과 같은 요구사항 제시하였다.

표 7. 중국의 5G 성능 요구사항
Table 7. China's key performance requirements

Parameter	Value
Maximum Throughput	a few tens of Gbps
Minimum Throughput	0.1-1Gbps
Number of Connections	a few million/Km ²
Mobility	> 500Km/h
Latency	a few ms
Capacity per Km ²	a few tens of Tbps/Km ²
Spectral Efficiency	5-15 times
Bit Efficiency	100 times higher than 4G
Energy Efficiency	100 times higher than 4G

IV. 결론 및 시사점

본 논문에서는 5G 이동통신을 위한 표준화, 주파수 분배, 기술적인 요구사항 등 전체적인 동향에 대해서 정리하였다. 현재 전 세계는 5G 이동통신에 대한 다양한 의견을 제시하고 있고 2016년 착수될 것으로 예상되는 5G 이동통신 국제표준화에 맞추어 각국의 기술 개발 및 표준화 경쟁이 심화될 것으로 예상된다. 향후 우리나라가 모바일 강국으로서의 위상을 지속하고 5G 주도권을 확보하기 위해서는 국가의 5G 중장기 목표에 따른 단계별 연구개발 및 표준화 추진 전략이 필요하다.

References

- [1] J. Kim, J. Song, J. Kim, and H. Jung, "Trend Analysis of 5G Core-Net Technology," *Electronics Telecommunications Trends*, vol. 28, no. 6, Dec. 2013, pp. 37-48.
- [2] J. Ahn and P. Song, "Prospect on 5G Mobile Communication Technology based on 3GPP," *J. Korea Institute of Communication and Information Sciences (KICS)*, vol. 30, no. 12, Nov. 2013, pp. 37-50.
- [3] K. Kim, S. Lee, and Y. Kim, "Trends on 5G Communications," *Electronics Telecommunications Trends*, vol. 30, no. 1, Feb. 2015, pp. 1-11.
- [4] H. Lee, "5G trends and the related organizations," *J. Korea Institute of Communication and Information Sciences (KICS)*, vol. 30, no. 12, Nov. 2013, pp. 12-16.
- [5] S. Lee, S. Hwang, and E. Hong, "Trend on candidate frequency bands for 5G system," *In Proc. 2015 Winter Conference of Korea Institute of Communication and Information Sciences (KICS)*, Yong-Pyeong, Korea, Jan. 2015, pp. 5-6.
- [6] D. Kim and I. Hong, "5G Frequency Trends," *J. Korea Institute of Communication and Information Sciences (KICS)*, vol. 30, no. 12, Nov. 2013, pp. 17-24.
- [7] S. Kim, "Required Specification Analysis of Radio over Fiber system for LTE-Advanced Fronthaul link," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 9, no. 8, 2014, pp. 915-919.
- [8] Y. Park, "Dual T type antenna study for LTE communication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 10, no. 1, 2015, pp. 7-11.
- [9] D. Im, S. Mun, and J. Yoon, "Design and Manufacture of U-shaped Antenna for WLAN/WiMAX Applications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 9, no. 7, 2015, pp. 827-834.

저자 소개

**박재성(Jae-Sung Park)**

1995년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

1997년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2001년 2월 연세대학교 대학원 전기,전자공학과 졸업(공학박사)

수원대학교 IT대학 정보보호학과 교수

※ 관심분야 : 네트워크 설계 및 분석

**김범준(Beomjoon Kim)**

1996년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

1998년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2003년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

계명대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 5G 이동통신, TCP Optimization

