

5G 이동통신 서비스를 위한 효율적인 5G 망구축 방안에 관한 연구

Study on Effective 5G Network Deployment Method for 5G Mobile Communication Services

정 우 기

CHUNG, Woo-Ghee

요 약

본 논문에서는 5G 이동통신의 서비스 트래픽 특성 및 주파수를 분석하고, 5G 이동통신 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는 망구축 및 운용 방안을 제시하였다. 5G 이동통신 서비스는 수 kbps의 음성 및 사물인터넷 서비스부터 1 Gbps 이상의 홀로그램 영상 서비스까지 다양한 데이터 전송 속도를 나타내고 있다. 5G 이동통신 서비스는 다양한 데이터 전송 속도와 모바일 서비스 트래픽의 증가로 인한 다중 주파수 대역을 이용함으로써 다양한 셀 커버리지 환경을 나타낸다. 5G 이동통신 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 새로운 서비스 환경에서 나타나는 서비스 커버리지와 다중 대역 주파수의 최적화된 망구축이 필요하다. 현재 논의되는 5G 주파수 블록을 고려하여 3.5 GHz 대역이 5G 서비스 100 Mbps를 셀 경계 200 m에서 제공한다고 가정하면, 28 GHz 대역은 1 Gbps의 홀로그램 서비스를 셀 경계 50 m에서 그리고 500 Mbps 4k UHD 서비스를 셀 경계 100 m에서 제공할 수 있음을 보여주고 있다. 따라서 다양한 5G 서비스를 다중 주파수 대역과 매칭하는 주파수 포트폴리오를 구성한 망구축 방안은 5G 이동통신 서비스를 효율적으로 제공할 수 있다.

Abstract

We herein analyze the service traffic characteristics and spectrum of the 5G mobile communication and suggest the effective 5G network deployment method for 5G mobile communication services. The data rates of the 5G mobile communication are from several kbps (voice and IoT) up to 1 Gbps (hologram, among others). The 5G mobile communication services show the diverse cell coverage environments owing to the use of diverse service data rates and multiple spectrum bands. To effectively support the 5G mobile communication services, the network deployment requires the optimization of the service coverages for new service environments and multiple spectrum bands. Considering the 5G spectrum bandwidth debated at present, if the 5G services of 100 Mbps can be supported in the 200 m cell edge using the 3.5 GHz spectrum bands, the 5G services of the 1 Gbps hologram and 500-Mbps 4k UHD can be supported in the cell edges of 50 m and 100 m using the 28 GHz spectrum bands. Therefore, the 5G services can be supported effectively by the 5G network deployment using spectrum portfolio configurations to match the diverse 5G services and multiple bands.

Key words: 5G Mobile Communications Service Traffic, 5G Cell Environments, 5G Network Deployment, Spectrum Portfolio

청강문화산업대학교 모바일통신전공(School of Mobile Communications, Chungkang College of Cultural Industries)

· Manuscript received March 12, 2018 ; Revised April 9, 2018 ; Accepted April 17, 2018. (ID No. 20180312-032)

· Corresponding Author: CHUNG, Woo-ghee (e-mail: wgchung@ck.ac.kr)

I. 서 론

ITU는 5G 이동통신 서비스의 명칭을 지난 2015년 9월 IMT-2020으로 확정하고^[1], 5G 서비스 기본 개념을 데이터 전송 속도 최대 20 Gbps, 서비스 지연 시간 1 ms, 단말 수용 능력 1,000,000 km² 이상으로 정의하였다^[2]. 현재 후보기술을 제안받고 있으며, 2020년 2월까지 표준 기술을 완성할 계획이다. 한편, 3 GPP는 5G 이동통신 서비스의 표준을 1단계로 2018년 6월까지 완료하고, 2단계로 2020년 3월까지 완료하는 계획으로 진행하고 있다. 따라서 5G 이동통신 서비스의 1단계 상용화는 2019년 하반기에는 본격적으로 나타날 것으로 예상된다. 5G 이동통신 서비스는 지금까지 제공된 이동통신 서비스보다 매우 빠른 전송 속도뿐만 아니라, 초저지연시간 및 대규모 단말을 수용해야 하는 특성을 가지고 있어 다양한 서비스를 제공하기 위한 주파수 수요가 증가하고, 셀 구조는 복잡해질 것으로 예상된다. 따라서 5G 이동통신 서비스 특성을 고려한 셀 환경 및 주파수 운용에 근거하여, 5G 이동통신 서비스를 효율적으로 제공하는 5G 망구축 방안은 향후 5G 이동통신 서비스의 조기 상용화 및 활성화에 중요하게 활용될 수 있을 것이다.

본 논문에서는 2020년 제공될 5G 이동통신 서비스 특성^{[3]~[5]}과 주파수 특성 연구 결과^[6]에 근거하여 5G 이동통신 서비스 제공을 위한 셀 환경을 분석한 후, 5G 이동통신 서비스 데이터 전송 속도를 위한 5G 후보 주파수 대역인 3.5 GHz 대역과 28 GHz 대역의 셀 커버리지 특성을 링크분석을 이용하여 분석하였다. 5G 이동통신 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 셀 구조에서 특정 지역의 트래픽 과다로 발생하는 서비스 환경의 불일치로 인한 서비스 품질의 불균일성을 최소화하여야 한다^[8]. 5G 이동통신 서비스 환경에 최적화된 셀 구조 및 주파수 할당은 5G 이동통신 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는 5G 망구축 방안을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 5G 서비스 특성을 설명하고, III 장에서는 5G 서비스 제공을 위한 주파수 특성을 분석하였다. IV 장에서는 5G 서비스를 위한 5G 후보 주파수 대역의 셀 커버리지의 관계를 분석하였다. V 장에서는 5G 서비스 특성과 주파수 특성을 고려한

효율적인 5G 망 구축 방안을 제시하고, VI 장에서는 본 논문의 결론을 기술한다.

II. 5G 서비스 특성

지금까지 이동통신 서비스는 데이터 전송 속도가 고속화되는 방향으로 발전하여 왔지만 5G 이동통신 서비스는 데이터 전송 속도의 초고속화뿐만 아니라, 데이터 전송의 초저지연 및 고신뢰성, 대규모 단말의 네트워크 지원이 가능한 서비스도 함께 발전할 것으로 예상하고 있다. 5G 이동통신 서비스의 트래픽 특성 가운데 초고속데이터 전송 특성은 단말 성능의 고도화, 영상 트래픽의 증가, 클라우드 서비스 증가 등으로 가속화되고 있는데 초고속 데이터 서비스의 도입은 서비스의 데이터 전송 속도의 범위를 크게 확대하고 있다.

이동통신 서비스의 트래픽은 4세대 이동통신 서비스가 본격적으로 서비스가 시작된 2010년 이후 급격히 증가하여 2018년 약 100배 이상 증가하였다. 과거 트래픽 증가율을 근거로 2030년까지 광대역 모바일 서비스의 트래픽은 2010년과 비교하여 2030년 약 10,000 이상으로 예측하였다. 그림 1은 ITU가 광대역 모바일 트래픽 예측을 인용한 데이터를 나타낸 것이다^[3].

ITU는 2030년 예상되는 서비스 범주와 데이터 전송 속도를 음성 및 데이터(수십 kbps~수십 Mbps), 멀티미디어(수십 Mbps), 사물인터넷(수 kbps), 고신뢰 초저지연서비

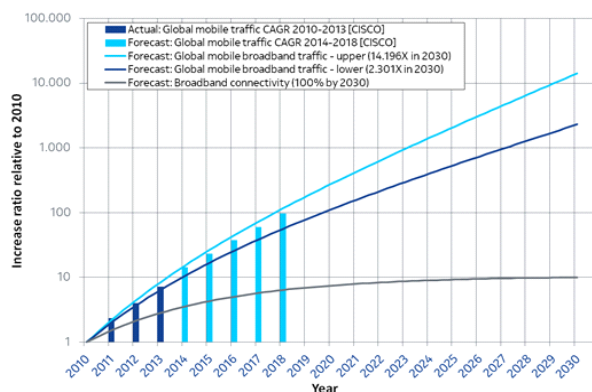


그림 1. 2010~2030년 세계 광대역 모바일 트래픽 증가 예측
Fig. 1. Forecast from a study for global mobile broadband traffic growth for the period 2010~2030.

스(수십 Mbps), 신규 서비스(1 Gbps) 등으로 초고속 데이터 서비스의 경우 특정 지역에 밀집된 형태로 나타나는 것으로 예측하였다^[3]. 예측된 서비스를 기반으로 2020년 요구되는 5G 서비스 주파수 소요량을 산출한 결과, 최대 1,960 MHz, 최소 1,340 MHz가 산출되었다^[4]. 국내 환경에서 연구된 주파수 소요량도 1,470 MHz로 유사하게 산출되었다^[7]. 초고속 데이터 서비스의 경우 2k UHD는 100 Mbps, 4k UHD 500 Mbps, 홀로그램 1 Gbps 전송 속도로 추정되었다^[6].

III. 5G 서비스 제공을 위한 주파수 분석

본 장에서는 5G 이동통신 서비스를 제공하기 위한 주파수 특성을 분석한다. ITU는 셀룰러이동통신 서비스를 위한 주파수를 IMT(International Mobile Telecommunication) 명칭으로 통일하고, 1992년 2 GHz 주파수 대역을 분배한 이후 이동통신 서비스 수요에 맞추어 IMT용 주파수를 450 MHz 대역부터 6 GHz 이상으로 확대하여 왔다. 5G 이동통신 서비스 제공을 위한 주파수는 지속적으로 증가하는 데이터 트래픽으로 인하여 여러 대역에서 트래픽을 수용하는 다중 대역으로 할당되어야 한다. 주파수 특성은 여러 대역에 걸쳐 할당된 주파수 대역의 서비스 적합성 측면에서 이루어졌다. ITU는 5G 이동통신 서비스용 주파수 대역의 타당성을 분석함으로써 다양한 5G 이동통신 서비스를 제공할 주파수의 효율적 이용 가능성을 제시하였다^[7]. 표 1은 ITU의 연구 결과를 요약한 것이다.

5G 이동통신 서비스를 위한 주파수 대역폭은 서비스

표 1. 주파수 적합성 범위

Table 1. Suitable frequency range.

Spectrum band	Suitability
Below 1 GHz	Propagation characteristics good, large area
1.5 GHz band	Propagation characteristics good, wide area (urban & rural)
2 GHz band	Propagation characteristics medium, urban area, economical network
3~6 GHz band	Propagation characteristics bad, high density urban area
Above 6 GHz	Propagation characteristics bad, small cell area, wide bandwidth

표 2. 주파수 운용 시나리오

Table 2. Scenario operating spectrum.

Spectrum band	License band	Non-license band
Spectrum dedicated by single network	Operating scenario 1 (Out of band emission limits)	N/A
Spectrum sharing by multi networks	Operating scenario 3 (Sharing control mechanism, single or multiple RATs)	Operating scenario 2 (Sharing control mechanism, single or multiple RATs)

환경에 따라 수 GHz에 이르므로 면허 대역만으로 수요를 만족시키기 어렵다. 따라서 비면허대역은 특정 밀집 지역의 초고속 데이터를 오프로딩하는데 보완적으로 활용할 필요가 있으며, 표 2는 ITU에서 특정 밀집 지역의 서비스를 위해 제안한 주파수 운용 시나리오를 요약한 것이다^[9]. 국내 이동통신은 면허대역의 경우 현재까지 사업자에게 전용대역으로 할당해 왔으며, 5G 주파수 대역인 3.5 GHz와 28 GHz 대역도 전용대역으로 할당될 예정으로, 아직 면허대역의 주파수 공유가 논의되기에는 어려운 상황이므로 국내 이동통신 환경에서 부족한 주파수 수요를 보완하기 위해 운용시나리오 1과 2를 함께 이용하는 것이 바람직하다.

IV. 5G 서비스 환경과 셀 커버리지

본 장에서는 5G 이동통신 서비스 환경에서 서비스 전송 속도에 따라 셀커버리지의 변화를 분석한다. 5G 이동통신 서비스 환경은 최대 데이터 전송 속도를 20 Gbps로 정의하지만, 현재까지 최대 속도의 서비스인 홀로그램이 1 Gbps, 4k UHD가 약 500 Mbps인 것과 5G 기술 요구사항의 사용자 속도가 100 Mbps인 것을 고려하여^[10] 5G 서비스를 제공하기 위한 셀 반경을 예측하였다. 실제적인 셀 반경은 다중 가입자와 다중셀 환경을 고려하여 분석하여야 정확성을 높일 수 있으나, 본 논문에서는 5G 서비스 제공을 위해 서비스 데이터 전송 속도 및 주파수 대역과 셀 반경의 변화를 정규화하여 셀 반경을 분석함으로써 서비스와 주파수 대역의 매칭 타당성을 확인하고자 하였다.

거리에 따른 데이터 전송 속도의 상대적인 서비스 제공 능력을 비교하기 위하여 20 m 셀 반경에서 1 Gbps 서

비스가 가능하다고 가정하고, 거리에 따른 데이터 전송 속도를 분석하였다. 셰논-하틀리의 채널 용량 공식(Shannon-Hartley's Channel Capacity Theorem)과 4G 및 5G 채널 모델을 이용하여 데이터 전송 속도에 따른 셀 커버리지의 변화를 분석하였다. 셰논-하틀리의 채널 용량 공식은 식 (1)과 같다.

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (1)$$

여기서 C 는 채널용량, B 는 채널대역폭, S 는 신호전력, N 은 잡음이다.

도심 마이크로 셀 환경의 4G 채널 모델^[11]과 5G 채널 모델^[12]의 경로 손실 공식은 식 (2) 및 식 (3)과 같다.

$$PL = 36.7 \log_{10} d + 22.7 + 26 \log_{10} f_c \quad (2)$$

여기서 PL 은 경로 손실 $d(m)$ 는 기지국과 단말의 거리, $f_c(GHz)$ 는 중심 주파수이다.

$$PL_{UMi-NLOS} = 35.3 \log_{10} (d_{3D}) + 22.4 + 21.3 \log_{10} (f_c) - 0.3 (h_{UT} - 1.5) \quad (3)$$

여기서 $PL_{UMi-NLOS}$ 은 경로 손실, $d_{3D}(m)$ 는 기지국과 단말의 3차원 거리, $f_c(GHz)$ 는 중심 주파수, $h_{UT}(m)$ 는 단말의 높이이다.

식 (1)에서 채널 용량은 신호의 전력과 관계가 있으며, 식 (2)와 식 (3)에서 신호의 전력은 거리에 따라 달라짐으로써 데이터 전송 속도는 거리에 따라 변화한다. 데이터 전송 속도에 따른 셀커버리지의 변화는 4G 채널 모델에서 식 (4), 5G 채널 모델에서 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{1}{N} \times \frac{1}{d^{3.67}} \right) \quad (4)$$

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{1}{N} \times \frac{1}{d^{3.53}} \right) \quad (5)$$

이때 셀 반경 20 m에서 데이터 전송 속도가 1 Gbps라고 가정하고, 거리에 따른 셀 반경의 변화를 링크 분석하면 그림 2와 같다. 100 Mbps를 나타내는 셀 반경은 약 190 m로 4G와 5G 채널 모델 모두 유사하게 예측되었다.

현재 5G 서비스를 제공하기 위한 주파수 환경은 3.5 GHz 대역의 100 MHz, 28 GHz 대역의 1 GHz 주파수 블

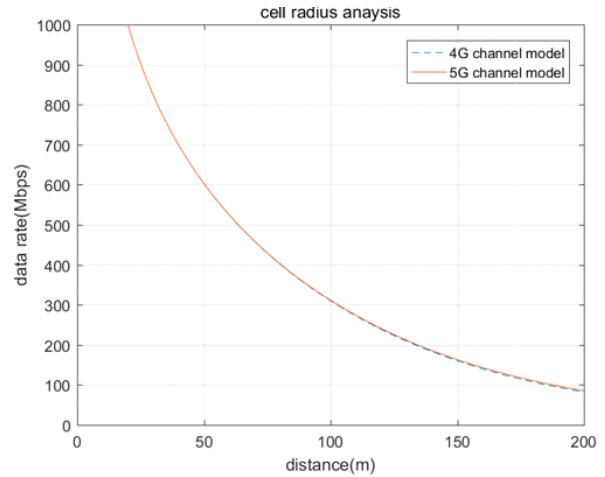


그림 2. 서비스 데이터 전송 속도에 따른 셀 반경 변화
Fig. 2. Cell radius variation per service data rate.

록이 일반적으로 논의되고 있다. 현재 제시되고 있는 주파수 대역 블록을 고려하여 5G 서비스를 위한 3.5 GHz 주파수 대역의 200 m 셀 경계에서 100 Mbps를 기준으로 28 GHz 대역의 셀 환경을 링크 분석하면 그림 3과 같이 나타난다. 28 GHz 대역은 주파수 감소의 변화가 크지만 광대역 주파수 블록을 이용하여 셀 반경 50 m에서 1 Gbps의 홀로그램 서비스 및 셀 반경 100 m에서 500 Mbps의 4k UHD 서비스를 제공할 수 있음을 보여주고 있다.

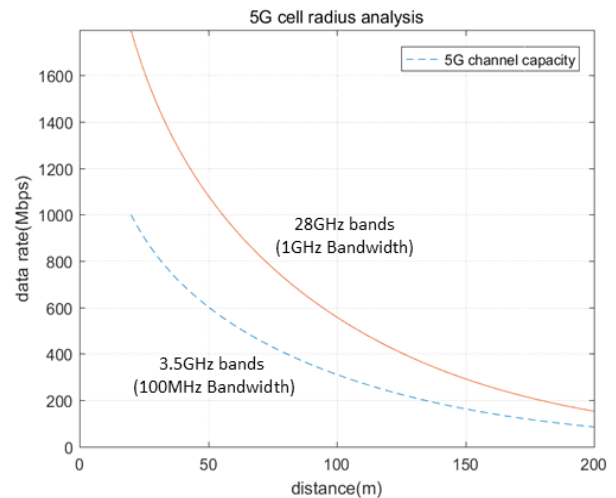


그림 3. 서비스 데이터 전송 속도에 따른 5G 셀 반경 변화
Fig. 3. 5G cell radius variation per service data rate.

V. 효율적인 5G 망구축 방안

5G 이동통신 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 다음과 같은 서비스 환경을 고려하여야 한다. 첫째, 5G 서비스는 수 kbps의 사물인터넷부터 1 Gps 홀로그래프 등 초고속데이터 서비스까지 다양한 속도의 데이터 서비스를 제공하고 이동통신 서비스의 특성상 특정 지역에 데이터 트래픽이 집중될 수 있다. 둘째, 홀로그래프 및 고품질 UHD 서비스와 같이 초고속 데이터 서비스의 경우 광대역의 주파수 대역폭이 제공되어야 한다. 셋째, 이동통신 서비스를 제공하는 면허 주파수 대역폭은 제한되어 있다.

본 장에서는 지금까지 분석된 5G 서비스 환경을 고려하여 5G 이동통신 망구축 운용에 대한 전략적인 방안을 제시하였다.

첫째, 데이터 전송 속도에 따른 셀 불균형으로 서비스 품질의 불균일성을 최소화하기 위하여 5G 서비스의 데이터 전송 속도 유형에 따른 셀 커버리지를 세분화하고 커버리지 형태의 셀과 분산형 셀의 형태를 조합한다. 그림 4는 셀 반경 분석결과에 근거하여 데이터 전송 속도에 따른 셀의 반경을 도식화하였다.

둘째, 주파수 대역별 모바일 트래픽에 근거한 주파수 소요 대역폭을 할당함으로써, 초고속 데이터 전송 속도에 의한 지역별 트래픽 불균형을 최소화하여 주파수 효율성을 높일 수 있는 주파수 포트폴리오(spectrum portfolio)를 확보한다^[8].

셋째, 비면허대역을 활용한 기술(와이파이 등)을 이용

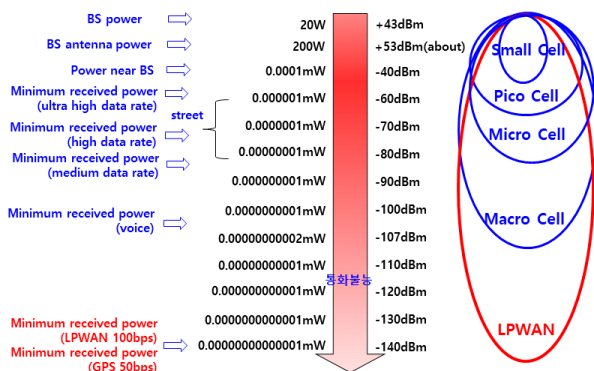


그림 4. 새로운 모바일 서비스 환경에 적합한 셀 유형
Fig. 4. Cell type for new mobile service environments.

표 3. 서비스 환경에 적합한 주파수 포트폴리오

Table 3. Spectrum portfolio for service environments.

Spectrum band	Macrocell	Microcell	Picocell	Smallcell
Usage	Coverage	Coverage capacity	Distributed high capacity	Distributed ultra high capacity
Data rate	Several Mbps	Tens of Mbps	About 200 Mbps	Above 500 Mbps
Available bandwidth	10 MHz	20~40 MHz	100 MHz	1 GHz
FDD	<1 GHz	1~3 GHz	3~6 GHz	>6 GHz
TDD		2~3 GHz	3~6 GHz	>6 GHz
Non-license band			3~6 GHz	

하여 5G 이동통신 트래픽의 오프로딩을 수행한다. 5G 이동통신 서비스의 초고속 대용량 트래픽은 스몰셀에서 집중되어 나타나므로 6 GHz 이하 비면허대역의 보완적인 망구축이 요구된다. 그림 5는 데이터 전송 속도와 서비스 커버리지의 면허/비면허 기술 결합을 나타내고 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 5G 이동통신의 서비스 트래픽 특성 및 주파수를 분석하고, 5G 이동통신 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는 망구축 및 운용 방안을 제시하였다. 5G 이동통신 서비스는 수 kbps의 음성 및 사물인터넷 서비스

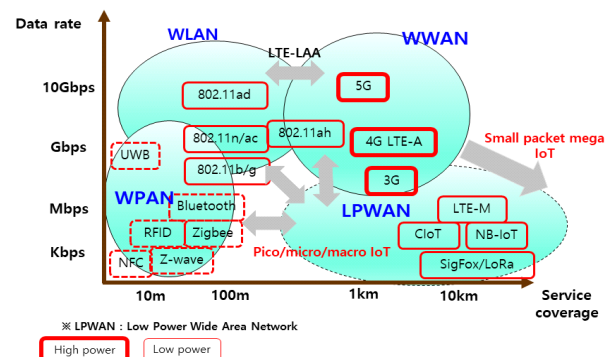


그림 5. 새로운 모바일 서비스 환경에 적합한 망 구조
Fig. 5. Available system architecture for new mobile service environments.

부터 1 Gbps 이상의 홀로그램 영상 서비스까지 다양한 데이터 전송 속도를 나타내고 있다. 5G 이동통신 서비스는 다양한 데이터 전송 속도와 모바일 서비스 트래픽의 증가로 인한 다중 주파수 대역을 이용함으로써 다양한 셀 커버리지 환경을 나타낸다. 5G 이동통신 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 새로운 서비스 환경에서 나타나는 서비스 커버리지와 다중 대역 주파수의 최적화된 망구축이 필요하다. 현재 논의되는 5G 주파수 블록을 고려하여 3.5 GHz 대역이 5G 서비스 100 Mbps를 셀 경계 200 m에서 제공한다고 가정하면, 28 GHz 대역은 1 Gbps의 홀로그램 서비스를 셀 경계 50 m에서 그리고 500 Mbps 4K UHD 서비스를 셀 경계 100 m에서 제공할 수 있음을 보여주고 있다. 따라서 다양한 5G 서비스를 다중 주파수 대역과 매칭하는 주파수 포트폴리오를 구성한 망구축으로 5G 이동통신 서비스를 효율적으로 제공할 수 있다.

References

- [1] *Naming for International Mobile Telecommunications*, Recommendation ITU-R 56-2, 2015.
- [2] *IMT Vision - Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and beyond*, Recommendation ITU-R M.2083, pp. 12-14, Sep. 2015.
- [3] *IMT Traffic Estimates for the Years 2020 to 2030*, Recommendation ITU-R M.2370, pp. 21-49, Jul. 2015.
- [4] *Future Spectrum Requirements Estimates for Terrestrial IMT*, Recommendation ITU-R M.2290, p. 14, Dec. 2013.
- [5] *Spectrum Needs for the Terrestrial Component of IMT in*

the Frequency Range between 24.25 GHz and 86 GHz, Recommendation ITU-R WP5D/TEMP/249r1, pp. 8-12, Feb. 2017.

- [6] *Further Elaboration on Suitable Frequency Ranges and Their Suitability*, Recommendation ITU-R WP5D/TEMP/124r2, pp. 5-6, Feb. 2013.
- [7] W. G. Chung, E. Lim, J. G. Yook, and H. K. Park, "Calculation of spectral efficiency for estimating spectrum requirements of IMT-advanced in Korean mobile communication environments," *ETRI Journal*, vol. 29, no. 2, pp. 153-161, Apr. 2007.
- [8] R. K. J. Zander, "Hierarchical cell structures for FRAMES wideband wireless access," pp. 785-791, in *Conference Proceedings ACTS Mobile Telecommunications Summit 96*, 1996.
- [9] *Operational Guidelines for the Deployment of Broadband Wireless Access Systems for Local Coverage Operating Below 6 GHz*, Recommendation ITU-R M.2378, pp. 12-20, Jul. 2015.
- [10] *Minimum Requirements Related to Technical Performance for IMT-2020 radio interface(s)*, Recommendation ITU-R M.2410, pp. 2-3, Nov. 2017.
- [11] *Guidelines for Evaluation of Radio Interface Technologies for IMT-advanced*, Recommendation ITU-R M.2135, p. 31, Dec. 2009.
- [12] *Guidelines for Evaluation of Radio Interface Technologies for IMT-2020*, Recommendation ITU-R M.2412, p. 46, Oct. 2017.

정 우 기



1986년: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1988년: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 2007년: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
 1989년~1992년: 한국전자통신연구원
 1992년~1994년: SK텔레콤 CDMA 전담반
 1994년~1999년: 신세기통신 기술기획팀
 1999년~2003년 2월: LG유플러스 기술전

략팀 부장

2003년 3월~현재: 청강문화산업대학교 모바일통신전공 교수
 [주 관심분야] 전파통신, 이동통신, 스펙트럼공학