

5G 한중 공동 연구 : 5G 평가 방법론 및 채널모델

오성준*, 박재준*

Korea-China Joint Research for 5G Evaluation Methodology
including 5G Channel Modeling

Seong-Jun Oh*, Jae-Joon Park*

요약

2015년 6월부터 2017년 5월까지 2년 동안 한국과 중국은 “한중 5G 초고주파 요소기술 공동 연구 및 표준화 추진기반 국제협력”이라는 5G 무선통신과 관련한 공동 연구를 수행하였다. 2016년 2월부터 ITU-R WP5D에서 IMT-2020 시스템을 평가 기준 및 방법론을 논의하기 시작하였고, 각각 2017년 2월과 6월에 최종 마무리가 되어 2017년 8월 현재 공식적인 승인절차만을 남겨두고 있다. 이러한 ITU-R WP5D의 일정에 맞추어 양국은 5G 채널 모델링을 포함한 평가방법론에 대해 국제회의에서 협력 및 의견 교환을 하였다. 5G에 대한 여러 기술적 이슈에 대해서 한국과 중국 사이에 의견 차이가 있었고, 공동연구를 통하여 양국은 이익이 서로 충돌하지 않는 선에서 각자 원하는 내용이 최대한 ITU-R 국제 표준에 반영 될 수 있도록 노력하였다. 본 논문에서는 양국의 달랐던 입장과 그 원인, 그리고 서로의 의견이 어떻게 조율되어 최종 표준에 반영되었는지에 대해서 살펴보고, 추후 공동연구 방향에 대해 논의 한다.

키워드 : 국제협력, 5G 표준화, 5G 평가방법, 5G 채널 모델, 5G 주요 성능지표, 5G 성능 요구사항

Key Words : 5G evaluation methodology, 5G channel model key performance indicator(KPI), performance requirement, test environment

ABSTRACT

From June 2015 to May 2017, Korea-China joint project, “Korea-China bilateral and international collaboration of mmWave core technologies for 5G standardization” has been conducted. This collaboration project is aligned with ITU-R WP5D schedule for standardization of IMT-2020 (5G) evaluation methodologies. ITU-R WP5D had begun the task of evaluation methodology February 2016, and finalized the report June 2017. Through the collaboration project, two countries cooperated in the standardization activities and shared the opinions. Basically, as two countries have different views and interests on 5G, most of the cooperation effort is to reflect each country's opinion in ITU-R report, while minimizing the conflict between two countries. This paper explains how two countries have different views on 5G and the reason behind those, and how those different ideas are harmonized. Directions of further joint research are proposed.

I. 서론

5G 시스템은 이전의 2G/3G/4G 시스템이 진화/발

전된 무선 통신시스템으로, 이러한 무선통신 (International Mobile Telecommunications, IMT) 시스템의 공적 표준화는 ITU-R (International Teleco-

* First and Corresponding Author : Korea University Department of Cyber Security, seongjun@korean.ac.kr, 종신회원

* 한국전자통신연구원(ETRI)

논문번호 : KICS2017-09-235, Received September 5, 2017; Revised January 4, 2018; Accepted January 15, 2018

mmunication Unions- Radio communications) 이라는 표준단체에서 이루어지고 있다. 표준화 작업 중에서 무선통신 시스템이 갖추어야 할 성능, 시스템의 공식적 인정 등의 기술적인 이슈들은 ITU-R 내의 Working Party 5D (WP-5D)에서 이루어진다. 이러한 ITU-R의 여러 표준화 과정은 ITU-R의 상위 회의라고 할 수 있는 WRC (World Radiocommunication Conference) 일정에 의해서 결정된다. 2015년 11월에 개최된 WRC-15에서 IMT를 포함한 주파수 관리와 관련한 국제적 권고 사항을 정해졌고, 이에 따라 ITU-R WP5D 2016년 2월부터 2020년 IMT-2020 표준화를 목표로 새로운 일정이 시작되었다. 아래 그림1은 ITU-R WP5D에서 합의된 표준화 일정이고, 빨간색으로 테두리 쳐진 부분이 IMT-2020 (5G)의 평가방법이 결정되는 과정 및 본 논문에서 설명하는 한중 공동과제 진행기간에 해당한다.

무선통신에서 표준이 필요한 가장 중요한 이유는, 단말과 기지국을 만드는 제조업체가 다른 경우 통신하는 데 문제 생길 수 있기 때문이다. 이러한 단말-기지국 간의 무선 접속 표준은 제조업체 간의 de facto 표준회의에서 결정이 된다. 대표적인 de facto 표준으로는 3GPP에서 만든 LTE/LTE-Advanced 등이 있다. 공적인 국제 표준 단체인 ITU-R은 de facto 표준의 상위 표준으로, 제조업체들이 제출한 무선 통신시스템 중 특정 성능 기준 이상을 만족하는 시스템을 IMT-2000 (3G), IMT-Advanced (4G), IMT-2020 (5G) 등의 표준 무선 통신 시스템으로 승인해준다. 예를 들어 2010년에 IMT-Advanced 시스템으로 3GPP의 LTE-Advanced system과 (Wibro의 진화된 버전인) IEEE의 802.16m이 승인된 바가 있다.

무선 통신 시스템이 ITU-R에서 표준 승인을 받기까지 다음의 과정을 거치게 된다. 우선 ITU-R에서 다음 세대의 무선통신 시스템으로써 필요한 특성과 기능 [1] 등을 정한다. 다음으로는 시스템의 성능 기준치와 성능을 평가하기 위한 평가 방법론 [2], [3] 을

정하고, 마지막으로 3GPP와 IEEE 등 de facto 표준을 제정하는 단체 혹은 기관에서 통신 시스템을 제안하며, 동시에 자체 평가 결과 필요한 성능기능이 만족된다는 것을 시뮬레이션 및 추가 분석 등 결과를 통해 보여 주면 ITU-R의 표준으로 인정되게 된다. 이러한 표준화 과정에서 지금까지는 복수의 시스템이 제출되어 왔다. 2G 경우 GSM과 CDMA, 3G는 3GPP와 3GPP2, 4G는 LTE-A 와 IEEE 802.16m가 각각 무선 통신 시스템으로 제출되었다. 하지만 5G의 경우 오직 단일 단체(3GPP)에서만 5G 후보기술을 제안할 것으로 보이기 때문에 이전과 같은 다수 시스템 간의 경쟁은 없을 것으로 예상된다. 5G 표준화 일정 그림에서 위의 과정을 확인 할 수 있다.

4G까지는 무선통신 시스템을 제출하는 표준 제정 단체 및 진영 간의 경쟁이 주요 이슈였다. 반면 5G의 경우 오직 3GPP에서만 5G 후보기술을 제출할 것이 기정사실이기 때문에, ITU-R WP5D의 5G 후보기술의 성능 요구사항 및 평가방법의 제정이 쟁점으로 떠올랐다. ITU-R WP5D는 국가 간의 의견이 반영되는 공적 표준으로, 5G의 주도권을 잡기 위해 특히 한국과 중국과의 경쟁이 치열해질 것으로 예상되었다. 이러한 상황에서 한국과 중국이 공동 연구를 통한 ITU-R WP5D에서 협력이 진행되게 되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Section II에서는 왜 양국의 견해차가 발생할 수밖에 없었는지에 대한 양국의 근본적인 5G에 대한 견해 차이를 살펴본다. Section III에서는 지난 2017년 6월 ITU-R WP5D에서 마무리된 5G IMT-2020 시스템 평가 방법론이 어떠한 내용인가를 간단히 살펴보고, Section IV에서 양국이 어떠한 견해차가 있었으며, 과제를 통한 협력으로 다른 입장을 어떻게 조율하고 최종 표준문서에 반영하였는지에 대해서 항목별로 알아보도록 한다. 마지막으로 Section V에서는 본 과제가 갖는 의미 그리고 앞으로의 양국의 협력을 통한 5G 이동통신에서의 발전 방향을 살펴본다.

II. 5G에 대한 양국의 이해

한국과 중국은 5G에 대하여 기본적으로 다른 관점을 가지고 있다. 한국은 6GHz 이상 mmWave 주파수 대역의 넓은 대역폭을 이용한 향상된 광대역 무선서비스를 5G의 대표 서비스로 고려하는 반면, 중국은 기존의 6GHz 이하의 주파수를 이용하면서 밀도 높은 사물통신과 고속(500Km/h 이상) 기차에서도 원활하게 기존의 통신 서비스를 제공하는 것을 5G의 대표

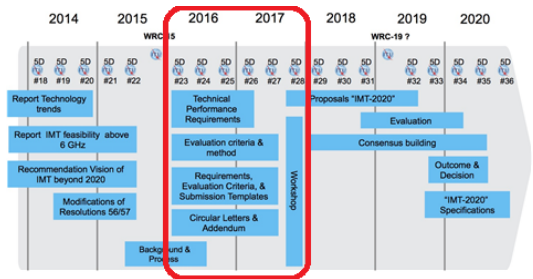


Fig. 1. 5G schedule agreed in ITU-R WP5D

서비스로 고려하고 있다.

기존 무선통신의 각 세대는 1G 아날로그 통신을 시작으로 2G의 시분할 방식 3G의 코드분할 방식과 4G의 직교주파수 분할 방식 등 주어진 주파수를 어떠한 다중접속 방식을 통하여 다수의 사용자가 동시에 접속할 수 있는가에 따라 결정되었다. 그러나 지금까지 알려진 바에 의하면 5G 시스템은 새로운 다중 접속 방식을 사용하지는 않을 것으로 보인다. 대신 4G의 직교주파수 분할 방식을 기본으로 하여, 더욱 많은 숫자의 안테나를 통해 주파수의 효율을 높이는 방식이 주를 이룰 것으로 예상되고 있다.

그럼에도 불구하고, 5G는 이전까지의 이동통신과는 많은 차이를 보일 것으로 예상된다. 어떠한 차이를 보이느냐는 잘 알려진 삼각형 그림으로 설명될 수 있다.

4G까지 IMT는 공학적으로 주어진 한정된 주파수를 되도록 효율적으로 사용하는 것이 최고의 목표였으므로, “좋은” 시스템은 주파수 효율 즉, 단위 주파수당 전송되는 정보량 (bps/Hz)이 높은 것이었다. 반면 5G는 높은 주파수 효율뿐만 아니라 다양한 서비스의 제공도 목표로 한다. 5G는 크게 3가지 사용 시나리오 (Usage Scenario)로 구별이 된다. eMBB는 고속 전송을 mMTC는 소위 말하는 IoT 그리고 URLLC는 V2x등 차량기계 자동화에 특화된 새로운 통신 방식을 의미한다.

이러한 상이한 3가지 usage scenario에 대해 무엇이 더 중요하고 무엇이 덜 중요한가를 따지는 것은 무의미할 수 있으나, 3가지 usage scenario를 바라보는 한국과 중국의 입장에는 다소 차이가 있다. 한국은 지난 몇 년 동안 mmWave를 통한 eMBB를 5G에 특징으로 많이 고려해 온 것이 사실이다. 앞서서도 언급한

바와 같이, 무선통신 시스템을 공학적으로 평가하는 가장 중요한 척도는 주파수 효율이다. 그러나 실사용자가 중요하게 여기는 것은 데이터 속도이지 주파수 효율이 아니다. mmWave를 5G에서 고려하는 이유는 6GHz에 IMT용 주파수가 많이 남아 있지 못해서, 아무리 높은 주파수 효율 기술이 나와도 소비자가 만족할 수 있는 속도를 제공하는 데는 많은 제약이 있으므로, 비교적 주파수 사용도가 낮은 6GHz 이상 고주파의 넓은 주파수 대역을 IMT 서비스에 이용함으로써 고속의 서비스를 사용자에게 제공할 수 있기 때문이다. 6GHz 이상의 고주파는 전파특성이 좋지 않기 때문에 수백 미터 정도의 셀룰러 환경에서는 적합하지 않을 수 있다는 의견이 많았으나, 최근 측정결과 다중안테나를 효율적으로 사용한다면 크지 않은 셀룰러 반경은 커버할 수 있다고 한다. 또한, 소형 셀/밀집 지역 등을 6GHz 이상 주파수를 이용하면 보다 효율적인 IMT 서비스를 제공할 수 있다.

반면 중국의 경우, 여러 이유로 인해 6GHz 이상의 고주파를 이용한 5G에 대해서는 크게 관심을 가지지 않고 있다. 중국이 그렇게 생각하는 이유로는 첫째 모든 주파수를 정부에서 관리하는 중국의 경우에는 6GHz 이하에서도 IMT 주파수를 충분히 할당할 수 있기 때문에 굳이 넓은 주파수 대역을 얻기 위해 6GHz 이상의 주파수 대역을 고려할 필요가 없다. 둘째 mmWave를 사용하기에는 한국에 비해 비교적 mmWave 부품 기술 수준이 떨어지고, mmWave 부품은 군용으로 분류되는 경우가 많아 원하는 부품을 수입/수출하는데 제약이 있기 때문이다. 따라서 이러한 문제들로 인해 중국은 mmWave보다는 mMTC를 이용한 IoT 쪽에 더 많은 관심을 보이는 상황이다.

이러한 5G를 바라보는 한국과 중국의 견해차인 IMT-2020의 평가방법을 결정하는 데에서 명백하게 드러난다. 한국은 mmWave를 통해 성능 향상을 보일 수 있는 eMBB 시나리오, 중국의 경우 eMBB 시나리오 보다는 mMTC 시나리오를 위주로 5G 평가방법을 제시하였다. 이러한 양국의 견해 차이를 좁히기 위해 공동 연구가 진행되는 2년 동안 양국 간 혹은 다자간의 회의를 통해서, 양국의 입장을 이해하고, 어떠한 논리로 상대방을 설득하고 Way forward를 이끌어 나갈 것인가를 꾸준히 고민해 왔다. 이슈에 따라서는 양국 간 협의가 어려워 ITU-R WP5D에서 다자간 협의를 통해 해결한 이슈들도 있다.

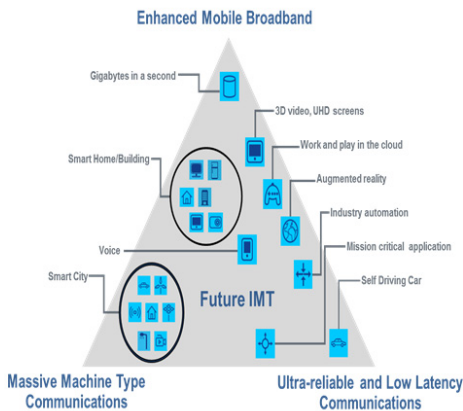


Fig. 2. Three 5G usage scenarios

III. 5G 평가방법 요약

ITU-R WP5D에 제출되는 무선 접속기술이 5G 시스템 (IMT-2020)으로 인정을 받기 위해서는 아래의 13가지의 성능 요구사항을 자체 평가하고 이를 만족해야 한다.

하지만 13가지 평가항목을 3가지 사용 시나리오에 모두 적용하는 것은 아니다. eMBB 시나리오와 관련하여 연결밀도 및 신뢰성 등은 성능 요구사항이 없으며, URLLC의 경우에는 지연/신뢰성/이동중단 시간 등의 항목에 대해서만 평가를 하며, mMTC는 연결 밀도에 대해서만 평가하게 된다.

eMBB의 경우에 실제 환경에 따라 성능이 많이 차이가 나기 때문에 이러한 상황에 대한 여러 시험 환경 (Test Environments)을 고려한다. IMT-2020 평가 방법론에서는 eMBB에서 실내/밀집 도심/교외 등 세 가지 시험 환경을 고려하고 있다. mMTC와 URLLC의 경우 도심 환경 하나만을 시험환경으로 고려하고 있다.

각각의 성능요구사항은 시뮬레이션/분석/조사의 방식으로 평가된다. 평가방법론의 대부분은 어떻게 시뮬레이션을 하고 어떠한 무선 채널 모델을 사용해야 하는가에 대한 것이다. 시뮬레이션을 하게 되는 경우는 평균적인 주파수 효율 혹은 사용자 체감 속도 등 실제 구현된 상황을 고려해야 하는 경우이다. 평가 항목에

따라서는 분석적인 방법 혹은 조사를 통한 방법으로 후보기술을 평가하는 경우도 있다. 이런 경우에는 실제 상황을 고려한 시뮬레이션을 하는 것이 아니고, 후보기술의 내용을 읽고 분석함으로써 평가하는 것이다. 예를 들면 무선 통신 시스템이 이론상 최대 속도 (최대전송속도)가 얼마까지 나올 수 있는가는 시뮬레이션 없이 평가하는 대표적인 평가 항목이다.

IV. 쟁점 사항 및 해결

4.1 30GHz 반송 주파수

ITU-R WP-5D에서 5G 시스템의 각 요구사항에 대한 평가는 시뮬레이션/분석/조사 등 세 가지 방법 중 하나로 이루어진다. 이 중에서도 가장 어렵고 복잡한 방법이 시뮬레이션에 의한 방법이다. 시뮬레이션을 통한 평가는 시스템 레벨 시뮬레이션 (SLS)과 링크 레벨 시뮬레이션 (LLS)으로 나뉘는데, 전체 시스템의 성능은 SLS를, 하나의 송수신 쌍에 대한 성능은 LLS을 통해 평가한다. 이러한 시뮬레이션 위한 가정 및 방법론은 ITU-R WP5D에서 결정한다.

무선통신 시스템의 실제적 구현을 고려하려면 반송 주파수를 가정해야 하고, 이는 전파모델과 채널 모델 등에 영향을 미치게 된다. ITU-R WP-5D에서는 5G 시스템이 사용할 반송 주파수를 결정하지는 않는다. 반송 주파수는 국가의 주파수 정책에 따라 결정되고 필요에 따라서 사업자가 경매 등을 통하여 결정되는 것이다. 하지만 5G 시스템의 성능을 평가하기 위해서는 임의의 반송주파수가 가정되어야 하고 5G 시스템의 성능은 이 반송주파수가 어디냐에 따라 크게 차이 날 수도 있다. IMT-2020 평가방법론에서 5G 시스템이 사용할 주파수를 결정하지는 않지만, 어떠한 반송 주파수가 평가에서 가정되어야 한다는 내용이 들어가 있으며, 평가방법론의 반송주파수가 실제 사용될 주파수를 의미하지는 않는다는 명백한 문구가 쓰여 있다. 그럼에도 불구하고 주파수 할당과 관련된 국가적 관점에서 보았을 때는 평가방법론에서 제시하는 반송주파수가 마치 대표적인 5G 주파수라는 의미로 해석될 수도 있다. 이에 따라, 명백히 아무런 구속력을 가지지 않는 5G 시스템 평가 권고에서 가정된 반송주파수가 5G 시스템의 실제적인 구현을 예상할 때 커다란 의미가 있을 수 있다.

주된 반송주파수 쟁점은 eMBB 시나리오 중 밀집 도심 환경의 광대역셀 (macro-cell, layer-1)에서 30GHz 주변 대역을 고려할지 말지에 대한 문제였다. 중국은 4GHz 주변 대역만을 반송 주파수에서 고려해

Table 1. ITU-R 5G performance characteristics and high-level evaluation method

Performance characteristics	High-level evaluation method
Peak data rate	Analytical
Peak spectral efficiency	Analytical
User experienced data rate	Analytical (single layer) Simulation (multi-layer)
5 th percentile user spectral efficiency	Simulation
Average spectral efficiency	Simulation
Area traffic capacity	Analytical
Latency	Analytical
Connection density	Simulation
Energy efficiency	Inspection
Reliability	Simulation
Mobility	Simulation
Mobility interruption time	Analytical
Bandwidth	Inspection

야 한다는 입장이었고, 한국은 30GHz 주변 대역의 반송주파수도 평가에서 고려할 수 있다는 입장이었다. mMTC와 URLLC의 실험환경에서는 30GHz를 사용하지는 않을 것으로 예상이 되었고, eMBB 시나리오 중 실내에서는 이미 30GHz뿐만이 아니라 70GHz도 고려를 하는 상황이었으며, 교외환경의 경우 30GHz를 사용하는 것은 고려 대상이 아니었다. eMBB 밀집 도심 환경 시나리오는 대형 셀과 소형 셀이 공존하는 구조로, 소형 셀에서 4GHz 주변 대역과 30GHz 주변 대역 모두 사용 가능하다는 것에는 이견이 없었으나, 문제가 되었던 것은 대형 셀의 반송주파수였다.

eMBB 밀집 도심 환경에서 대형 셀의 경우 기지국 간의 간격을 200m(셀 반경이 약 100m)로 가정하고 있어 30GHz 주변 대역의 신호가 NLOS 환경에서 100m까지 전달되는 것이 어려울 수 있다. 중국은 현재의 기술로 요구사항을 만족시키는 것이 어렵다는 것이 표면적인 반대 이유였지만, 더 근본적인 이유는 고주파가 5G에서 주목받는 것을 우려했기 때문이라고 추측 된다. 반면, 한국의 주장은 현재 잘 알려진 기술로만 5G 시스템을 정의하는 것은 적절하지 않고, 무엇보다도 30GHz 주변의 고주파를 5G 시스템이 주로 사용하는 대역이라는 것에 강조되기를 바랬다. 또한 30GHz 주변의 mmWave 대역을 지난 WRC-15에서 IMT 주파수로 고려해보기로 결정 (AI 1.13) 하였기 때문에, IMT 진영 (ITU-R WP5D)에 mmWave 대역이 5G의 대표 주파수 대역으로 고려되고 있다는 메시지를 전달할 필요가 있었다. 특히 30GHz를 대형 셀에서 사용한다는 것은 다른 시스템과의 간섭 분석에서도 중요한 쟁점이 될 수 있기 때문에, 이 기종 간의 간섭이 중요한 WRC 의제와 관련하여서는 IMT의 입장을 고려할 필요가 있었다. 간섭분석의 관점에서 실내 혹은 소형셀이 사용하는 주파수는 주 고려대상이 아니다.

30GHz 반송파 이슈는 평가 방법상 구속력 없는 권고 사항에도 불구하고, 약 6개월 동안 한국과 중국, 나아가 ITU-R WP5D 회의의 가장 중요한 이슈 중 하나였고, 5G 시스템을 6GHz 이상의 고주파를 이용한 무선통신으로 보는 시각이 강했던 한국으로써는 양보할 수 없는 문제였다. 6개월 이상 양국을 오가며 서로간의 입장을 확인하고, 혹시 서로 알지 못하는 다른 이슈가 있는지 파악하려고 노력도 하였다. 그러나, 워낙 이슈가 중대하다 보니, 양국의 합의를 쉽게 이루어 내지 못하였다. 그러다 마침내 2017년 2월 ITU-R WP5D 회의에서 한국은 미국/일본/캐나다 등의 지지를 얻어 30GHz 주변 주파수를 eMBB 밀집 도시의

대형 셀 반송주파수의 선택사항으로 하는 데 합의를 얻어 낼 수 있었다.

4.2 채널 모델

ITU-R WP5D에서 5G 후보기술 평가 시 사용될 채널 모델의 경우 중국은 6GHz 이하 주파수대역에서는 기존에 사용되는 채널모델들 (ITU-R M.2135, 3GPP TR.36.873 등)을 재사용하고, 6GHz 이상 주파수대역에 대해서만 mmWave 대역의 특성을 고려한 채널 모델(예, 3GPP TR.38.900)을 개발하자고 주장하였다. 반면 우리나라와 mmWave 대역을 지지하는 산업체 (에릭슨, 노키아 등)는 상기 두 가지 모델이 6GHz 주파수에서 서로 간 불일치가 발생하므로 3GPP에서 개발된 0.5~100GHz 까지 적용이 가능한 채널 모델 (TR.38.901) 을 사용하자고 주장하였다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 ITU-R WP5D 내에 채널모델 DG (Drafting Group)을 만들어 논의하기로 하였으며, 본 한중 공동 연구 과제차원에서 중국 측 담당자인 북경우전대 장진화교수가 DG 의장이 되도록 협력하였다. 3번의 ITU-R WP5D 회의 기간 동안 (25~27차 회의) DG 회의를 통해서 최종적으로 두 가지 채널모델 모두 IMT-2020 후보기술 평가에 사용될 수 있도록 합의하였으며, 이를 위하여 전화 회의 및 이메일 사전논의를 통해서 각국의 공통입장을 공동기초로 제출하였다.

ITU-R 표준화 협력 이외에도, 한-중 간 밀리미터-초고주파 채널 모델 공동연구를 위하여, 총 5차례 기술교류 회의('15.7, '15.12, '16.4, '16.11 및 '17.5)를 통해 측정 및 분석 결과를 상호 공유하였으며 이를 기반으로 공동기술보고서를 작성하였다. 특히, 한-중 간 측정 결과 분석을 통하여 공통적인 부분인 실내 사무실 환경에 대하여 한국 측 측정데이터와 중국 측 측정 데이터를 통합한 공동채널 모델을 개발하였다.

한중 공동 채널모델 개발을 위하여 잘 알려진 ABG 경로감쇄 모델을 적용하였으며, 관련 수식은 다음과 같다.

$$PL(f, d) [dB] = 10\alpha \log_{10} \left(\frac{d}{1m} \right) + \beta + 10\lambda \log_{10} \left(\frac{f}{1GHz} \right) + X_{\sigma}$$

여기서 α 와 λ 는 각각 거리와 주파수와 관련된 의존계수를 나타낸다. 그리고 β 는 경로 손실치 오프셋을 의미하며, d 는 송수신기 간 거리, f 는 주파수를 의

Table 2. Joint Korea-China path-loss model parameters

Scenario	Indoor Office	
Line-of-Sight	LOS	NLOS
Distance [m]	1~40	15~45
Model	ABG	
Frequency [GHz]	3.5~38	
PLE/ α	1.59	4.03
β [dB]	36.29	11.63
γ	1.97	2.02

미한다. 또한 X_o 는 측정환경에 따른 선택적 분포로서 일반적으로 Log-normal 분포를 가지며, σ 는 표준편차로서 Shadow fading에 해당한다.

아래 그림들은 한-중 간 측정데이터를 통합하여 그린 경로감쇄 (Path loss) 및 모델링 결과이다.

다양한 주파수들에 대한 경로감쇄 모델

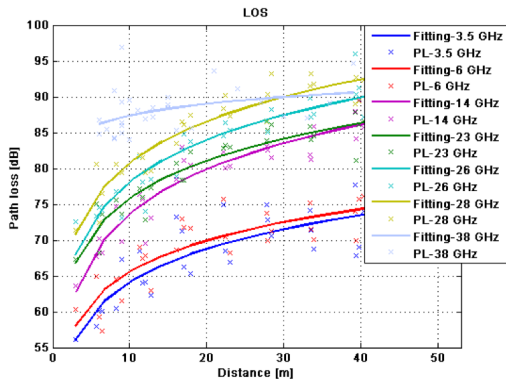


Fig. 3. (a) LoS

최종적으로 한-중 간 실내 사무실 환경에 대한 공동 경로 감쇄 모델의 파라미터는 아래 표와 같다.

4.3 다중주파수에서 사용자체감 속도

다중 접속 무선통신 시스템의 가장 전통적인 목표는 주어진 주파수 자원을 가능하면 많은 사용자가 효율적으로 사용하는 것이다. 이러한 전통적인 목표는 4G 혹은 그 이전 시스템의 성능평가에 적용되었고, 따라서 높은 주파수 효율은 가장 중요한 성능평가 기준이 되어 왔다. 4G부터는 시스템의 평균 주파수 효율뿐만 아니라 cell의 끝자락에 위치하여 공정하게 주파수 자원을 할당받지 못하는 사용자의 주파수 효율(5-th percentile user spectral efficiency)도 시스템 평가에 중요한 지표가 되었다.

평균 주파수 효율 및 5-th percentile 사용자 주파수 효율은 시스템 평가의 가장 중요한 요소인 것은 맞지

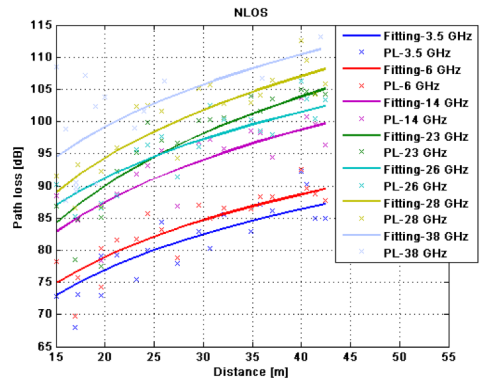


Fig. 3. (b) NLOS

다중 주파수 경로감쇄 모델 피팅 결과

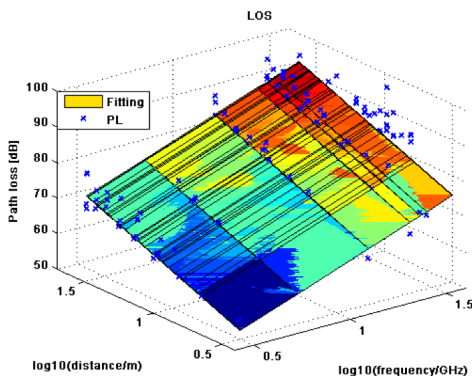


Fig. 4. (a) LOS

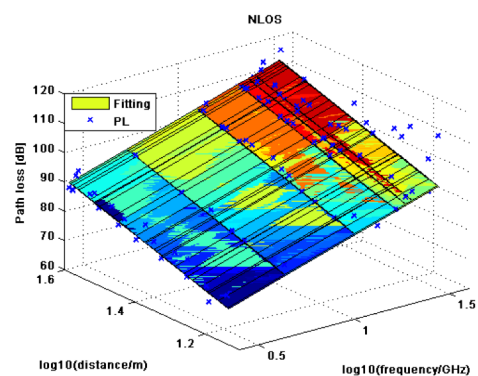


Fig. 4. (b) NLOS

만, mmWave를 사용하여 무선통신 서비스를 제공하려는 5G에서는 다른 관점에서 시스템을 평가할 수도 있다. 궁극적으로 사용자에게 중요한 것은 cell의 전체적인 구간에서 고르게 높은 데이터 서비스를 받는 것이고, 그러기 위해서는 주파수 효율이 다소 떨어지더라도 넓은 대역폭을 좁은 공간에서 사용하는 mmWave를 사용하는 것을 고려할 수 있다. 이러한 사용자 측면의 경험적 데이터 속도는 궁극적으로 시스템이 제공해야 하는 서비스 측면에서는 적절한 기준이 될 수가 있으며, 5G vision에서부터 논의되어온 사실이다.

mmWave를 통한 5G 시스템을 중점적으로 고려하고자 하지 않은 중국의 입장에서는 mmWave의 넓은 주파수 대역을 가정하여 빠른 속도를 보여줄 수 있는 평가 방법을 선호하지 않았다. 실제 체감 속도를 평가 기준으로 한다는 것은 최종 사용자의 입장에서 시스템 성능을 평가할 수 있으므로, 직접적인 평가 기준이 될 수 있다. 그러나 5G 시스템이 사용하게 되는 주파수 대역폭은 5G 기술이 제공하느냐 못하느냐의 문제가 아니라, 5G 시스템을 위한 주파수 대역이 국가로부터 제공되느냐의 문제이다. ITU-R에서 정하는 것은 5G 기술 성능에 관련한 것이고, 실제로 구현된 시스템이 사용하게 될 주파수 대역은 각 국가의 주파수 상황에 따라 결정되는 것이기 때문에, 할당된 주파수 대역을 미리 고려하여 성능평가를 하는 것은 적절하지 않을 수도 있고, 어떻게 보면 정당한 평가가 아닐 수 있다.

대부분 실험환경에서 사용자 체감 속도의 평가는 주파수 효율에 “가정하고 있는” 주파수 대역을 곱함으로써 얻도록 결정하였다. 다만, 밀집 도심 환경의 경우, mmWave를 이용한 소형 셀에 대해서 별도로 실험하여 사용자 체감 속도를 보여줄 수 있게 하였다. 중국의 경우에는 mmWave 실험 없이 사용자 체감 속도를 6GHz 이하에서 만족하게 하는 실험을 할 것이라고 예상되며, 한국의 경우 mmWave를 이용한 소형 셀 주변에 사용자를 많이 분포시켜, 높은 체감속도를 보여 줄 수 있도록 할 것이다.

다중 주파수를 사용한 사용자 체감 속도는 사용자가 분포하고 있는 위치와도 연결된 이슈이다. 한국과 중국이 관련 이슈를 논의하는 과정에서 사용자 분포도 동시에 논의가 되었으며, 중국은 밀집 도심 환경에 한해서는 mmWave 실험을 추가로 해야 하는 것으로 제한하였고, 한국의 경우에는 소형 셀 주변에 많은 사용자가 분포할 수 있게 함으로써 양국이 원하는 환경을 어느 정도는 반영하였다고 할 수 있다.

4.4 mMTC evaluation

다섯 실험 환경 중에서 mMTC 환경에서의 실험 방법은 5G에서 처음으로 논의되는 것이다. mMTC 평가의 물리적 환경은 도심 환경만을 고려하며 13개 평가 항목 중 연결 밀도만을 평가한다. mMTC를 통한 향상된 IoT 서비스는 속도를 높이는 eMBB 서비스와 더불어 5G의 새로운 축이며, mmWave의 주목을 피하고 싶은 중국은 mMTC 서비스와 그에 대한 평가에 대해서 높은 관심을 가지게 되었다.

앞에서 설명한 바와 같이 주파수 효율은 무선통신 시스템의 가장 중요한 평가 요소이기는 하지만, mMTC 서비스의 경우에는 매우 낮은 속도라도 많은 기기가 하나의 기지국에 접속되는 것이 중요하므로, 주파수 효율 면에서 평가하지 않고 연결 밀도에 대해서 평가한다. 따라서 기존 주파수 효율을 구하기 위해 만들어졌던 SLS와는 다른 형태의 SLS가 필요하게 되었다. 중국은 초기부터 eMBB와 비슷한 SLS를 통한 평가를 주장해 왔다. mMTC 서비스는 5G에서 처음 소개되는 것이기는 하지만, 새로운 평가 방식을 도입하는 것 대신 4G에서 평가한 적이 있는 Voice Over IP 서비스 평가방법과 유사한 방법을 제시하였다. 4G의 Voice over IP를 평가한 SLS와 유사한 시뮬레이터를 만드는 것이 어려운 것은 아니다. 하지만 기존 시뮬레이션과 달리 많은 수(10^6 기기/ km^2)의 기기 간의 채널 생성이 필요하고 이는 시스템 메모리의 문제를 일으킬 수도 있다. 한국은 이러한 모델링의 한계를 고려하여 SLS보다는 LLS를 통해 실제 성능을 유추하는 방법을 제안하였다. 다만 LLS를 이용한 평가방법은 많은 단순화 작업 및 성능 예측하는 부분이 있고, 이러한 부분을 보완하여 조금 더 현실적인 측면을 고려하다 보니, 제시된 평가방법은 기존 LLS 평가방법보다 복잡한 면이 있다.

mMTC의 접속 밀도 평가 방법은 양국 간의 합의점을 찾지 못하고, 결국 마지막 회의에서 양국의 의견을 모두 담도록 하였다. 양국이 제시한 방법에 따라, 중국 평가 그룹은 SLS를 이용한 평가를, 한국 평가 그룹은 LLS를 이용한 평가를 할 것으로 예상된다. 다만 평가 방법론을 마무리하는 과정에서 mMTC의 실험을 위한 주파수 대역폭을 5MHz로 결정 하였고, 이는 충분히 넓은 주파수 대역으로, 이러한 조건에서의 실험은 예상에 비해 어렵지는 않을 것으로 보인다.

4.5 High Speed Vehicle

5G 평가 방법을 논의하는 초기부터 중국의 사업자는 고속 기차 상의 성능 평가에 많은 관심을 보여 왔

으며, 주요 실험환경 중의 하나로 고속기차 환경이 선정되는 것을 주장해왔다. 한국은 고속기차 환경에 대해 반대하는 입장은 아니지만, 높은 이동성 (시속 500Km 이상)에 대한 평가만으로 하나의 평가 환경을 정의하는 것에는 반대 입장이었다.

고속 기차 환경이 기존의 교외환경과 비슷하기 때문에, 새로운 평가환경 정의 없이 교외환경에서 고속기차 성능을 평가하는데 합의 하였으며, 다만 일반적인 이동성과는 차별되는 요구조건을 정의하게 되었다. 고속 환경은 mmWave를 이용한 이동기지역에 대해 한국과 일본의 의견도 반영되어 추가 환경으로 인정받게 되었다.

V. 결 론

국제 무선 표준 단체인 ITU-R에서 한국과 중국은 이미 중요한 역할을 하고 있다. 중요한 역할을 하는 유럽의 여러 나라들의 경우 각각 국가들의 의견을 개별적으로 피력하는 경우는 많지 않다. 유럽은 그들의 의견을 종합적으로 표현하는 경우가 일반적이다. 동아시아의 삼국. 한국과 중국, 그리고 일본은 ITU-R에서 중요한 역할을 함에도 불구하고, 세 국가가 하나의 목소리를 내는 경우는 많지 않다. 5G의 경우, 한국과 중국은 기본적인 이해관계가 달라서, 합의된 의견을 국제 표준에서 피력하기는 쉽지 않았다. 유럽과 같이 한국과 중국, 나아가서 일본까지 포함한 협력적 동아시아 국가의 국제 표준 대응의 첫 걸음이 이번 과제라 할 수 있을 것이다.

References

- [1] ITU-R, *Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)*, Report ITU-R M.2410 (11/2017)
- [2] ITU-R, *Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced*, Report ITU-R M.2135-1 (12/2009)
- [3] ITU-R, *Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-2020*, Report ITU-R M.2412 (6/2017)

오 성 준 (Seong-Jun Oh)



1991년 2월 : KAIST 전기 및 전 공학과 학사
 1994년 2월 : KAIST 전기 및 전 공학과 석사
 2000년 9월 : Univ. of Michigan EECS 박사
 2007년 9월~현재 : 고려대학교 정보보호대학원 교수

<관심분야> 무선통신, 5G 통신

박 재 준 (Jae-Joon Park)



1997년 2월 : 중앙대학교 제어 계측공학과 학사
 1999년 2월 : 중앙대학교 제어 계측공학과 석사
 1999년 3월~현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 책임연구원
 <관심분야> 5G 밀리미터파 채널모델