

## OTA에서의 5G NR 기지국 성능 검사 제안

## Proposal to Test 5G NR Base Station Performance in OTA

김종민<sup>1</sup> · 김건희<sup>2\*</sup> · 손영수<sup>3\*</sup> · 추경곤<sup>4\*</sup>Jong-Min Kim<sup>1</sup> · Geon-hee Kim<sup>2\*</sup> · Young-su Son<sup>3\*</sup> · Gyeong-gon Choo<sup>4\*</sup>

## 요 약

5G NR 기지국의 구축이 세계적으로 증가에 따라 기지국에 대한 성능 검사 수요가 증가하고 있다. 그러나 5G의 기지국은 대부분 일체형 설비로 제작되어 직결측정이 불가능한 위치에 다수 설치되어 있다. 이에 따라 기지국 성능 검사는 직결측정에서 OTA로 전환되어야 한다. 기지국 성능 검사를 OTA로 진행할 경우, 차폐 공간이 아니라면 직결측정과 달리 인접 신호의 간섭을 고려하여야 한다. 특히 한국은 5G NR 기지국의 출력 주파수가 3개사(LG U+, KT, SKT) 모두 인접 배치되어 있는 상태이므로 사실상 인접 대역의 신호 성능 측정은 불가능하다. 이에 따라 본 논문은 이러한 문제를 5G NR의 신호 특성을 이용하여 타 서비스 신호 측정 시 배제시킴으로써 간섭에 대한 문제를 해결하는 방법을 제안한다. 이에 따라 본 논문은 국제표준 및 국내기준에 제시된 성능 측정 중 ACLR 항목에 대한 측정을 5G NR 기지국이 통신 서비스가 계속 제공하는 상황에서 측정하여 최종적으로 기존의 직결측정을 OTA로 대체 측정 가능성을 제시한다.

## Abstract

As the number of 5G NR base stations increases, the demand for performance testing of base stations also increases. However, many 5G base stations are installed in locations where direct measurements are impossible. Accordingly, base station performance testing should be switched from direct measurements to OTA. When conducting base station performance testing of OTA, interference from adjacent signals should be considered, unlike direct measurements, unless it is shielded. In Korea, the output frequencies of the 5G NR base stations of all three companies (LG U+, KT, and SKT) are located adjacent to each other. In this case, the signal performance measurement of adjacent bands is impossible. This paper proposes a method to solve the interference problem by excluding it from the measurement of other service signals by utilizing the signal characteristics of 5G NR. It confirms that the performance measurement presented in 3GPP can be replaced by OTA measurement.

Key words: 5G, NR, OTA, ACLR, OCNS

## I. 서 론

5G NR(new radio)은 3GPP(3rd generation partnership project)에서 정의한 차세대 모바일 네트워크 무선 표준이

다. 기존 무선 통신보다 훨씬 빠른 데이터 속도, 낮은 지연 시간, 더 높은 용량, 향상된 신뢰성을 제공하도록 설계되었습니다.

기술 발전에 따라 5G NR 기지국은 MIMO(massive

비아비솔루션스(Wireless Lab. Production Solutions, Viavi Solutions)

\*한국방송통신전파진흥원(Radio Technology Center, Korea Communications Agency)

1: 수석연구원(<https://orcid.org/0000-0002-8848-1042>), 2: 차장(<https://orcid.org/0009-0007-6009-0588>)

3: 과장(<https://orcid.org/0009-0004-6042-6836>), 4: 과장(<https://orcid.org/0009-0006-3210-7920>)

· Manuscript received June 24, 2024 ; Revised August 6, 2024 ; Accepted September 5, 2024. (ID No. 20240624-011S)

· Corresponding Author: Jong Min Kim (e-mail: [jong-min.kim@viavisolutions.com](mailto:jong-min.kim@viavisolutions.com))

MIMO) 기술과 소형화 및 저전력 소비 기술이 적용되었다. 또한, 안테나 일체형 설비로 진화되고 있으며 이러한 이유로 최근의 기지국은 성능 평가를 위한 외부 인터페이스가 최소화되고 대부분의 테스트를 무선 신호로만 가능하게 변경되고 있다.

3GPP에서는 사실상 FR2(mmWave)은 OTA 테스트만 가능하며, FR1의 경우, 직결측정과 OTA(over the air) 측정이 모두 제시되어 있지만 실제 서비스를 위한 설치 이후 유지 관리를 위한 성능 검사는 설치 위치에 따라 OTA만이 가능한 경우가 발생하고 있다<sup>[1]</sup>.

이에 따라 측정 규격도 OTA 기준이 포함되어 제시되고 있으며<sup>[2]~[4]</sup>, 이에 따라 본 논문은 이전의 직결측정을 OTA로 대체하기 위해 필요한 방법을 제안한다.

## II. 5G NR 전송 기술 및 성능 측정 항목

5G NR는 LTE와 유사하게 1 frame이 10 ms인 기본 프레임 구조를 가지고 있지만 프레임 신호 구성은 그림 1과 같이 동기 신호인 SSB(synchronization signal block)와 데이터 채널 구성인 BWP(bandwidth part)와 같은 새로운 구조로 제시되고 있다<sup>[5],[6]</sup>.

BWP는 3GPP TS 38.211의 <4.4.5 Bandwidth part>에 따르면, 할당된 전체 캐리어 대역폭 부분을 BWP 단위로 나누어 할당이 가능하며, 그림 2와 같이 OTA에서 신호에

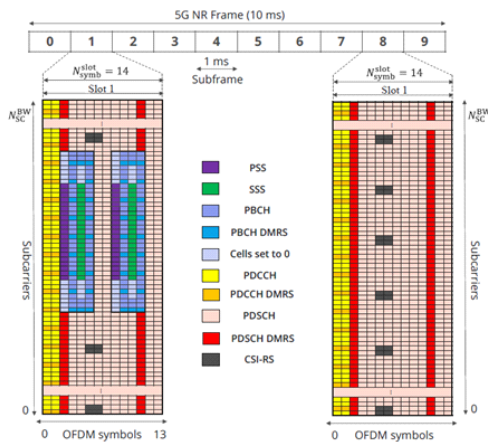


그림 1. 5G NR 전송 프레임 구조

Fig. 1. 5G NR transmission frame structure.

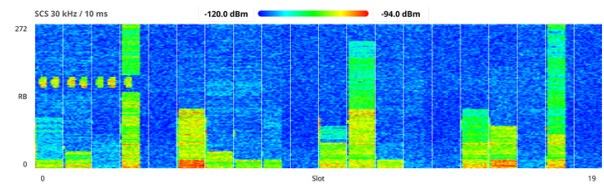


그림 2. 5G NR의 OTA에서의 BWP 동작 신호  
Fig. 2. BWP operation signal in OTA of 5G NR.

표 1. 5G NR ACLR 기술규격

Table 1. 5G NR ACLR technical specification.

OTA ACLR	Relative power :
	$f \leq 3.0$ GHz: 44 dB
	$3.0 \text{ GHz} < f \leq 6.0$ GHz: 43.8 dB
	Absolute power :
	Category A wide area BS: -4 dBm/MHz
	Category B wide area BS: -6 dBm/MHz
	Medium range BS: -16 dBm/MHz
	Local area BS: -23 dBm/MHz

대한 범위를 필요에 따라 할당하는 것을 볼 수 있다.

본 논문에서 기존 측정과의 대체 가능성을 확인하기 위해 제안한 측정 항목인 ACLR(adjacent channel leakage ratio, 인접채널누설비)은 할당된 채널 주파수를 중심으로 할당된 대역의 평균 전력과 인접 채널 주파수를 중심으로 측정 대역의 평균 전력의 비율이며, 측정 대상의 기지국 성능과 인접 채널에 영향을 평가하는 주요 항목이다. 이에 대한 관련 항목에 대한 직결 측정과 OAT 측정에 대한 규격은 표 1과 같다<sup>[1]~[4]</sup>.

## III. 5G NR 인접 신호 배제 방법

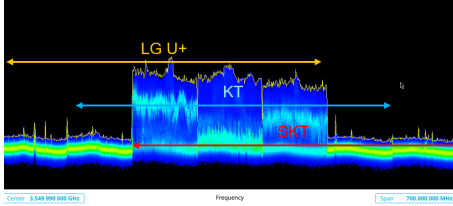
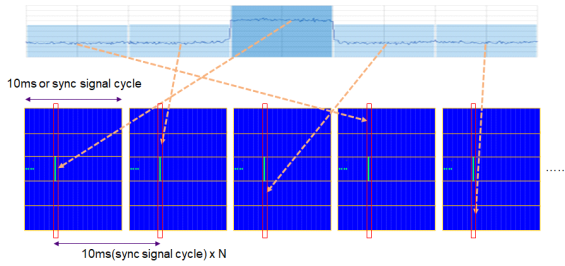
한국에서 5G NR은 표 2와 같이 통신 3사가 서비스를 제공하고 있다. 이에 대한 OTA에서의 주파수에 따른 신호 분포는 그림 3의 스펙트럼과 같다.

통신 3사의 기지국은 각자의 통신 환경에 따라 신호를 할당하며, 이에 따라 동일한 시간에도 주파수 할당이 서로 상이하다. 이러한 특성을 고려하여 측정 대상의 신호가 서비스 대역 전체에 신호를 할당하고, 나머지 타 신호의 경우 일반적인 서비스를 제공할 경우, 그림 4와 같이 측정된 구간에서 측정 신호와 동일한 주기의 시간대에 고정된 신호만을 선별할 경우, 신호 위치가 계속 변화는

표 2. 한국 5G NR 주파수 배정(단위: MHz)

Table 2. Korea 5G NR frequency allocation (Unit: MHz).

Carriers	Bandwidth	RF center frequency
LG U+	100	3,450.00
KT	100	3,549.99
SKT	100	3,650.01

그림 3. 한국 5G NR real time spectrum 결과  
Fig. 3. Korea 5G NR real time spectrum results.그림 4. 신호의 반복 주기에 따른 측정 방법  
Fig. 4. Measurement method according to the repetition period of the signal.

타사 서비스 신호를 배제할 수 있어, 측정 신호에 대한 영향 없이 원하는 신호를 측정할 수 있다.

타사 서비스 신호에 대한 배제 방법은 식 (1)을 이용하여 구현하였다. SB(side band)는 측정 신호와 측정 신호에 영향을 미치는 타사 서비스 신호의 결합된 형태로 출력된다. SB는 측정되는  $n$  시간 동안 측정 신호에 대한 영향은 고정되며, 타사 서비스 신호는 변화한다. 이에 따라 측정 시간에서 전 측정 신호( $SB_{t-1,f}$ )와 현재 측정 신호( $SB_t$ )에 대한 최소값을 구하는 경우, 측정 대역 전체에 대해 타사 신호가 없는 구간이 존재하는 시간동안 측정할 경우 고정된 신호( $SB_{fix}$ ) 성분을 표시할 수 있다.

$$SB_{fix} = \sum_{t=0}^n \sum_{f=0}^{bw} \min(SB_{t-1,f}, SB_{t,f}) \quad (1)$$

#### IV. 신호 발생기를 이용한 측정 방법 검증

그림 5와 같이 측정용 가상 기지국 신호를 signal generator로 생성 후 서비스 대역의 인접 채널(3,350 MHz)에 할당한다. 이때 생성된 신호는 할당된 대역 이외에 일부 노이즈를 발생하며, 이 부분이 측정 결과에서 유지되는지를 확인한다.

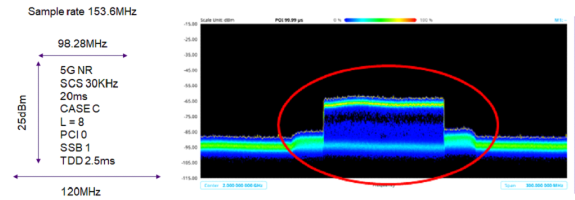
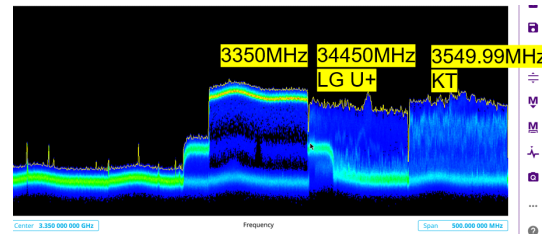
결합된 신호는 그림 6과 같이 스펙트럼 상에서 중첩되어 보인다.

그림 6과 같이 가상 기지국 신호와 실제 서비스 신호가 결합된 신호를 기반으로, 본 논문에서 제안된 방식의 측정 신호 기준으로 안테나 입력 신호를 배제한 결과는 그림 7과 같다.

그림 7에서와 같이 가상 기지국 신호 측정에서 LG U+와 KT 신호가 배제된 결과, 실제 측정 대상의 신호에 대한 노이즈 성분은 유지되며, 외부의 라이브 신호(LG U+와 KT 신호)만을 배제한 결과를 보여주고 있다.

#### V. 5G NR 서비스 현장에서의 OTA 측정

필드 테스트는 실제 OTA 상황에서 측정하는 기지국이

그림 5. 노이즈 포함 측정용 가상 기지국 신호  
Fig. 5. Virtual base station signal for measurements including noise.그림 6. 신호 발생기 신호와 안테나 신호 결합 결과  
Fig. 6. The result of combining the signal generator signal and the antenna signal.

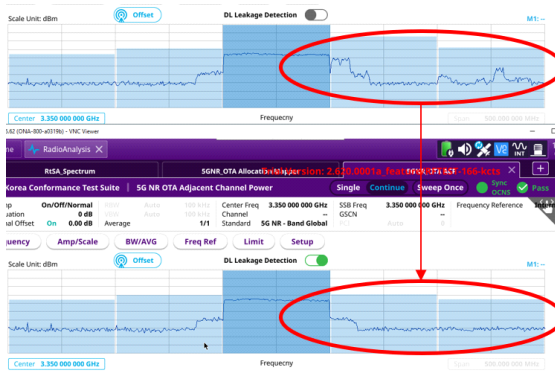


그림 7. 안테나 입력 신호 배제 결과  
Fig. 7. Result of antenna input signal exclusion.

측정을 용이하게 하기 위한 OCNS(orthogonal channel noise simulator)을 서비스에 포함하여 그림 8과 같이 출력한다.

KT의 OCNS에 대한 신호를 기반으로 본 논문에서 제안한 방식의 신호 측정을 통해 실제 주변의 서비스 신호가 배제되어 측정되었다.

그림 9와 같이 KT사의 신호를 제외한 타 이동사의 신호는 측정되지 않으며, 이러한 측정 결과를 통해 제안된 측정 방안을 적용할 경우, 5G NR 기지국 성능 검사를 OTA에서 측정할 수 있다는 결론을 얻게 된다.

## VI. 결 론

이동통신 기지국의 정기적 성능검사는 기지국의 정상적인 운용과 주파수 자원의 효율적인 이용을 고려할 때 매우 중요한 사항이다.

그러나 기술 발전을 통한 무선설비의 고성능화와 운용 방법의 고도화가 실현된 상황에서 기존의 직결측정의 방식 적용은 어려워지고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 서

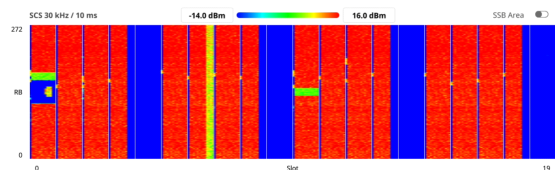


그림 8. KT 기지국의 OCNS 출력  
Fig. 8. OCNS output from KT base station.

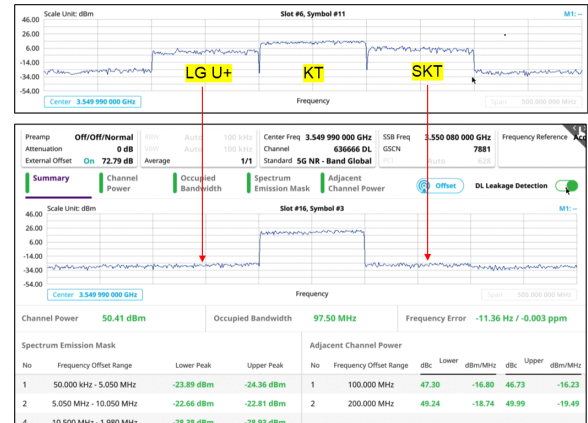


그림 9. 제안된 방식에 의한 측정 결과  
Fig. 9. Results measured using the proposed method.

비스 현장에서 제안된 타사 신호 배제 기술을 통해 OTA 성능 검사 중 타사 신호에 의해 사실상 측정 불가능한 ACLR을 진행하였다. 이를 통해 기존의 직결측정을 대체하고 3GPP에서 정의된 5G NR의 기지국 성능 검사 항목을 측정 가능함을 보였다.

## References

- [1] Korea Communications Agency [KCA], "Comparative test and OTA measurement procedure proposal study to improve test-floor applicability of 5G space radiated power measurement," Naju, Aug. 2020.
- [2] *User Equipment Radio Transmission and Reception*, 3GPP TS 38.101, May 2022.
- [3] *BS Radio Transmission and Reception*, 3GPP TS 38.104, Jul 2020.
- [4] *BS Conformance Testing*, 3GPP TS 38.141, Oct 2019.
- [5] A. Omri, M. Shaqfeh, A. Ali, and H. Alnuweiri, "Synchronization procedure in 5G NR systems," *IEEE Access* vol. 7, pp. 41286-41295, Mar. 2019.
- [6] J. L. Carcel, B. Mouhouche, M. Fuentes, E. Garro, and D. Gomez-Barquero, "IMT-2020 Key performance indicators: Evaluation and extension towards 5G new radio point-to-multipoint," In *IEEE International Symposium BMSB*, Jeju, Jun. 2020.