

# 5G 커버리지 개선을 위한 DSS 적용 방안 연구

## A Study on Application of DSS for enhancing 5G Coverage

박성균<sup>\*★</sup>, 노승환<sup>\*</sup>

Seong-Gyoon Park<sup>\*★</sup>, Soong-Hwan Ro<sup>\*</sup>

### Abstract

5G service uses mid-band (n78) than existing mobile communication frequencies, so it is necessary to improve 5G coverage by utilizing low-band frequencies below 2 GHz. To this end, the application of Dynamic Spectrum Sharing technology of LTE and 5G-NR system using most of the low-band frequencies is required.

In this paper, signaling overhead factors for DSS application and RF issues for terminal implementation are derived, and signaling overhead ratios from the respective perspectives of 5G-NR and LTE for the 1.8GHz band (50MHz width) that can utilize wide-bandwidth among low-band frequencies are estimated. Also handset RF issues were analyzed. Based on the analysis results, if DSS technology using low band is applied, it is expected that excellent 5G service quality can be provided due to 5G coverage improvement when LTE traffic quickly migrates to 5G-NR.

### 요약

5G 서비스는 기존 이동통신주파수보다 상대적으로 높은 중대역(n78)을 사용하고 있어서 2GHz 이하의 저대역 주파수를 활용하여 5G 커버리지 개선이 필요하다. 이를 위해서는 저대역 주파수의 대부분을 사용하는 LTE와 5G-NR 시스템의 동적 스펙트럼 공유(Dynamic Spectrum Sharing) 기술의 적용이 요구된다.

본 논문에서는 DSS 적용을 위한 시그널링 오버헤드 요소와 단말기 구현 RF 이슈들을 도출하고, 저대역 주파수 중 광대역 주파수 활용이 가능한 1.8GHz 대역(50MHz 폭)에 대해 5G-NR과 LTE 각각의 관점에서 시그널링 오버헤드 비율과 단말기 RF 이슈들을 분석하였다.

분석 결과들을 통해 저대역을 활용한 DSS 기술을 적용한다면 LTE 트래픽이 5G-NR로 빠르게 이전할 경우, 5G 커버리지 개선으로 인해 우수한 서비스 품질을 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

*Key words* : Dynamic Spectrum Sharing, low frequency band, Coverage improvement, Signaling overhead, UE RF issues

\* Dept. of Radio Science & Engineering, Kong-Ju National University

★ Corresponding author

E-mail : psk@kongju.ac.kr, Tel : +82-41-521-9198

Manuscript received Dec. 12, 2022; revised, Dec. 18, 2022; accepted Dec. 26, 2022.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

이전 세대의 모바일 기술과는 달리 더 큰 용량, 더 나은 안정성 및 더 짧은 대기 시간을 갖춘 5G는 모바일 인터넷에 대한 증가하는 수요를 충족하고 제조, 운송, 에너지 및 의료와 같은 많은 수직 산업을 현대화하는 데 도움이 될 수 있다. LTE 4G의 주요 초점은 데이터 전송 속도를 높이는 것으로 설정되었으나, 5G는 극한의 모바일 광대역을 제공하는 것뿐만 아니라 중요한 기계 통신

및 대규모 기계 통신 분야에 중점을 두어 우리 사회를 혁신할 것으로 예상된다.

5G가 문자 그대로 우리 사회의 모든 측면에 통합됨에 따라 사물 인터넷, 클라우드 스토리지, 고화질 라이브 스트리밍 등을 포함한 매우 다양한 애플리케이션은 특히 업 링크 용량 및 적용 범위에서 뛰어난 5G 성능을 요구한다. 전 세계적으로 가장 많이 사용되는 5G 대역은 3.5GHz 및 2.6GHz와 같은 TDD-NR 대역으로 매우 큰 대역폭을 제공하므로 고용량을 제공하지만 중대역 주파수 특성과 TDD 기술의 한계로 인해 업 링크 커버리지 및 용량 측면에서 성능이 떨어질 수 있다.

적용 주파수 대역	활용 계층 특성	가용 서비스 유형
> 6GHz 연속 800MHz 폭 할당 가능	Super-data Layer • 극도로 높은 데이터 전송 속도를 요구하는 특정 유스 케이스들에 적용	eMBB
2~6GHz 연속 100MHz 폭 할당 가능	Coverage and Capacity Layer • 시스템 용량과 커버리지의 최선의 절충 (Wide Area But No Deep Coverage)	eMBB, URLLC, mMTC
< 2GHz 최대 20MHz 폭 할당 가능 (paired/unpaired)	Over-sailing Layer • 광역 및 깊숙한 옥내 커버리지 구축	eMBB, URLLC, mMTC

Fig. 1. Multilayer approach for various 5G scenarios.  
그림 1. 5G 시나리오별 다층적 주파수 활용[1]

그림 1에서 보는 바와 같이 5G 서비스의 다양한 시나리오에 따라 다층적 주파수 활용 전략 수립이 가능하다. 하지만 현재는 대부분의 국가가 앞서 언급한 바와 같이 2~6GHz 대역에서 5G 서비스를 제공하고 있다. 이러한

Table 1. Parameter values for link budget.  
표 1. 링크버짓 계산에 사용된 파라미터 값

Parameters	PDCCH		PUSCH	
	1.8GHz with 4T4R	3.5GHz with 4T4R	1.8GHz with 4T4R	3.5GHz with 4T4R
Tx antenna gain (dBi)	17	17	0	0
Tx cable loss (dB)	2	0	0	0
Rx antenna gain (dBi)	0	0	18	18
Rx cable loss (dB)	0	0	2	0
Penetration loss (dB)	21	26	21	26
Rx sensitivity (dBm)	-129.44	-129.44	-134.3	-134.3
Shadowing loss (dB)	9	9	9	9
Propagation loss (dB)	0	5.78	0	5.78
Interference margin	14	14	3	3
Thermal noise per subcarrier (dBm)	-132.24	-129.23	-132.24	-129.23
Noise Figure (dB)	7	7	2.3	3.5

중대역과 2GHz 이하의 저대역 주파수를 활용하였을 때 각각에 대한 상·하향 커버리지 특성을 비교한 연구에 따르면 커버리지 불균형이 심각하게 나타난다[1].

표 1과 같은 파라미터 값들을 적용하여 링크버짓을 계산함으로써 1.8GHz와 3.5GHz 대역에서의 상·하향 링크 커버리지를 비교한 결과는 그림 2와 같다.

링크 버짓에서 UL 커버리지는 일반적인 UL을 지원하기 위해 UL 데이터 속도가 전형적인 비디오 트래픽 지원 속도인 1Mb/s로 설정되어 계산된다. 그리고 DL 커버리지는 일반적으로 기본 PDCCH의 블록 오류율 측면에서 정량화된 물리적 DL 제어 채널(PDCCH)에 의해 제한된다.

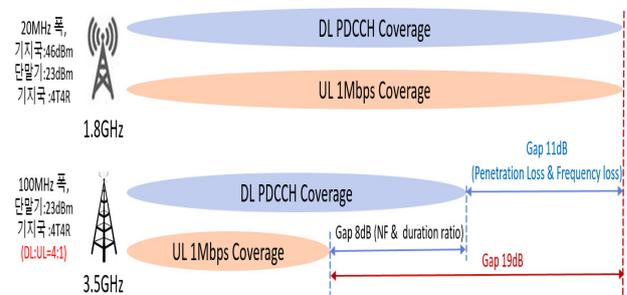


Fig. 2. Comparison of UL/DL Coverage with 1.8GHz/3.5GHz.

그림 2. 1.8GHz와 3.5GHz 상·하향 커버리지 비교[1]

그림 2에서 보는 바와 같이 UL 커버리지와 DL 커버리지는 4개의 송신 안테나와 4개의 수신 안테나를 사용하여 1.8GHz FDD 대역에서 균형을 이룬다. 이에 비해 1.8GHz 시나리오와 동일한 송수신 안테나를 사용하는 3.5GHz TDD 대역의 경우 10dB 이상의 커버리지 갭이 관찰되는데, 이는 주로 3.5GHz TDD 대역의 프레임에서 큰 전파 손실, 침투 손실 및 제한된 수의 UL 전송 슬롯 때문이다.

따라서 3.5GHz 대역의 5G가 더 많은 애플리케이션, 더 나은 사용자 경험 및 낮은 구축 비용에서 5G의 잠재력을 실현하기 위해 커버리지 성능을 개선하는 것이 매우 중요하다. 5G 커버리지 성능 개선을 위해서는 3GHz 이하의 저대역 주파수를 활용하는 것이 필요하며, 이 대역의 대부분은 기존 4G LTE 서비스가 제공되는 대역이다[2].

결국 5G 커버리지 향상을 위해서는 기존 LTE 서비스 대역을 5G NR이 공유하여 사용하는 것이 필요하다. 이에 따라 스펙트럼 공유 원칙에 대한 표준화 절차는 3GPP에 의해 2017년 3월에 시작되었다. 스펙트럼 공유

는 물리적 계층의 유연성과 LTE 네트워크에서 모든 채널이 시간-주파수 영역에서 할당된다는 사실을 기반으로 한다. 5G NR 무선 인터페이스의 유연성을 참조 신호에 사용할 수 있으므로 동시 데이터 전송 중에 동적 구성이 가능하고 NR과 LTE 간의 충돌을 최소화할 수 있다. 결과적으로 동일한 통신 채널 내에서 주파수 도메인을 공유할 가능성이 있다[3].

본 논문은 이러한 LTE와 5G NR이 동일한 대역에서 공유하여 사용될 경우 이를 가능하게 하기 위한 표준들에 근거하여 스펙트럼 손실과 RF 시스템 구조상의 문제점 등을 도출하여 분석함으로써 효과적인 DSS(Dynamic Spectrum Sharing) 적용 방안을 모색하고자 한다. 본 논문의 구성은 2장에서 DSS를 통한 LTE와 5G NR 공존 원리를 서술하고, 이러한 공존 시 발생하는 오버헤드 비율과 단말기 RF 이슈들을 제시한다. 그리고 국내 3GHz 이하의 저대역 현황 분석을 토대로 3장에서 1.8GHz 대역에서 DSS를 적용하는 다양한 시나리오들에 대해 분석 결과들을 제시하고 이를 바탕으로 결론에서 5G NR 시스템의 커버리지 개선을 위한 DSS 활용 방안을 제시하고자 한다.

## II. DSS 동작 방식과 RF 이슈

5G-NR은 다양한 뉴머롤로지(numerology)로 표현되는 확장 가능하고 유연한 물리 계층 설계를 제공한다. 할당된 대역에 따라 데이터 채널 및 동기화 채널에 대해서도 다른 부 반송파 간격(SCS)을 적용할 수 있다. 이러한 유연성은 무선 패킷 스케줄링에서 안정적인 동기화를 제공하기 위해 gNB와 eNB 간의 매우 긴밀한 조정이 필요하다. LTE 대역에 5G-NR 신호를 오버레이하는 경우에는 더 복잡하다. DSS의 작동의 기본 원리는 동기화 및 다운 링크 측정에 사용되는 참조 신호 등과 같은 필수 채널 신호 관점에서 LTE 사용자에게 영향을 주지 않으면서 LTE 서브프레임에 5G-NR 사용자를 스케줄링하는 것이다.

### 2.1 DSS 동작 방식

DSS 물리계층 구현은 레이트 매칭(Rate Matching)과 MBSFN 서브프레임 활용의 두 가지 기술을 사용한다. Rate Matching에는 LTE의 CRS와 PDCCH와 같은 상시 신호(Always-on signal)를 전달하는 요소가 포함된다. Rate Matching은 15kHz 부반송파 간격을 사용하는 NR 데이터 전송을 위한 일반적인 기술이고, MBSFN 서

브프레임 활용은 NR SSB(동기화 신호 블록) 전송 및 30kHz 부 반송파 간격을 사용하는 데이터 전송에 적용 가능한 기술이다.

앞에서 언급한 두 가지 기술을 적용할 때 공통적으로 고려하여야 하는 사항이 있는데 제어 채널 구성에 관한 것이다. 5G-NR 단말기 지원을 위해서는 무선 자원 프레임의 최초 3개 OFDM 심볼 내에 CORESET(Control Resource Set) 구성을 반드시 제공하여야 한다. 따라서 DSS를 위해서는 처음 서브프레임의 최초 3개 OFDM 심볼은 LTE PDCCH와 5G-NR PDCCH가 나누어 사용하게 된다. 만약 LTE-CRS/PDCCH가 1개 이상의 심볼이 요구되고, NR CORESET이 3개의 연속적인 심볼이 필요하다면 5G-NR CORESET은 처음 3개 OFDM 심볼을 초과하도록 구성하여야 하므로 LTE와 5G-NR을 위한 보다 많은 PDCCH 용량(capacity) 제공이 필요하게 된다.

#### (1) Rate Matching 방법

5G-NR 사용자가 LTE 사용자에게 영향을 미치지 않도록 하기 위해서는 LTE 채널 구조를 고려하여야 한다. 특히 6GHz 이하 대역에서 90%의 스펙트럼은 FDD LTE가 사용하고 있으므로 FDD LTE 방식의 프레임 구조를 참조하여야 한다(그림 3 참조).

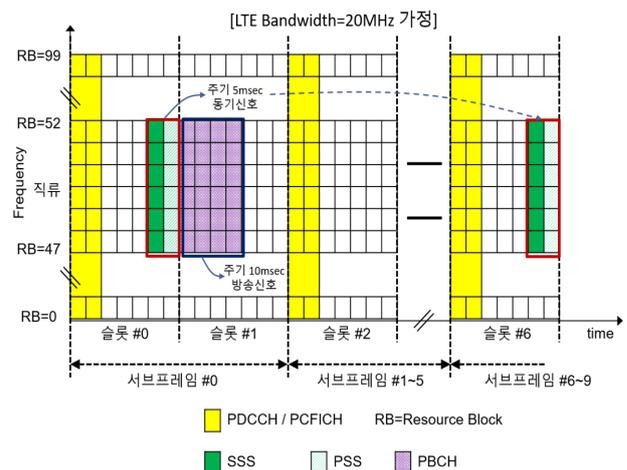


Fig. 3. FDD LTE Frame Structure.

그림 3. FDD LTE 프레임 구조[4]

FDD LTE 프레임에서 처음 2개 OFDM 심볼은 PDCCH가 차지하며, 주기 5msec인 PSS와 SSS 동기 신호와 단말기 초기 접속을 위해 필수인 주기 10msec의 PBCH 신호가 리소스를 점유하므로 이들 신호에 5G-NR이 영향을 미치지 않도록 하여야 한다.

PSS/SSS 및 PBCH를 피하기 위해서는 RB rate matching 기술이 요구되는데 이 채널들이 RB 수준의 무선자원을 점유하기 때문에 충돌을 피하기 위해 RB 수준에서 rate matching 패턴을 사용하여야 한다[6][10].

한편, LTE에는 상시 신호(Always-On) 신호로서 참조신호(Reference signal)가 있으며, 특히 CRS(Cell-specific Reference Signal)은 시간-주파수 자원 할당이 리소스 그리드에서 위치가 고정되어 있기 때문에 5G-NR 사용자가 이 신호들과의 충돌을 피하는 것은 필수이다. CRS 신호는 안테나 포트 수에 따라 달라지므로 MIMO 포트 수도 고려되어야 한다. 다음 그림 4는 안테나 포트 수에 따른 참조 신호 패턴을 나타내고 있다[11].

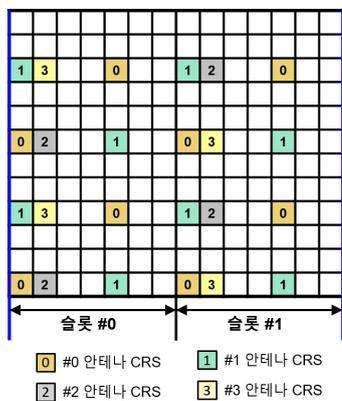


Fig. 4. Resource Element mapping for 4 Antenna case. 그림 4. 4개 안테나에 대한 RE 매핑[5]

3GPP Rel-15 권고 프로토콜에 따르면 RateMatching LTE-CRS는 5G-NR 단말기의 필수 기능으로 제시하면서 5G-NR 단말이 대역에 따라 RateMatching LTE-CRS 지원 능력을 보고해야 한다.

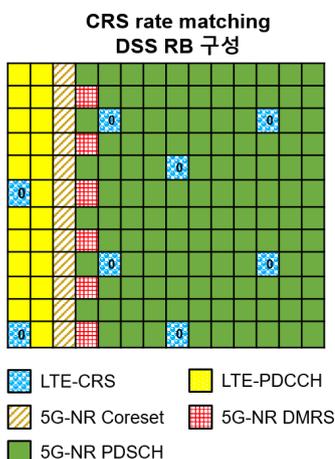


Fig. 5. DSS with LTE-CRS rate matching. 그림 5. CRS rate matching을 적용한 DSS 예시[4]

LTE CRS Rate Matching은 NR 네트워크가 LTE CRS가 점유하고 있는 RE(Resource Element)에서 5G-NR PDSCH(데이터)를 전송하지 않도록 하여야 한다. 5G-NR 단말이 NR PDSCH를 복조할 때는 LTE CRS 신호가 차지하는 RE는 건너뛴다[10]. 다만 PDSCH 복조 참조신호(DMRS)는 DMRS 성능 보장을 위해 rate matching이 되지 않는다(그림 5 참조).

(2) MBSFN 활용 방법

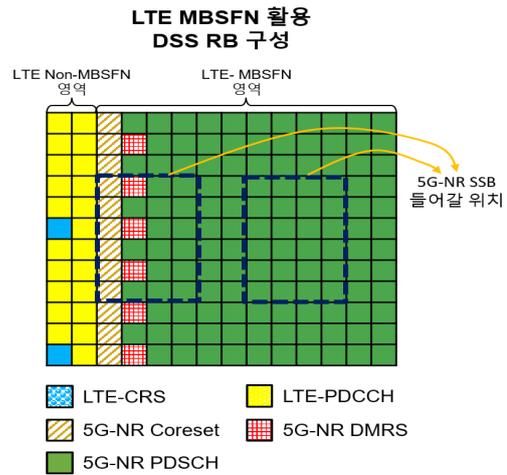


Fig. 6. DSS with LTE MBSFN. 그림 6. MBSFN을 활용한 DSS[6]

LTE의 서브프레임은 non-MBSFN과 MBSFN 영역으로 구분지을 수 있다. non-MNSFN 영역은 서브프레임 처음 시작부분에서 1~2개의 심볼을 PDCCH 채널이 점유하고 나머지 리소스는 CRS와 PSS/SSS/PBCH 등이 위치하므로 앞에서 서술한 rate matching으로 5G-NR 단말기가 데이터 전송에 사용할 수 있다.

MBSFN 서브프레임은 원래 eMBMS(Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service)와 같은 멀티캐스트 방송 서비스를 위해 총 14개 심볼 중 처음 2개 심볼(PDCCH 용도)을 제외한 12개 심볼이 예약된 특정 프레임 구조이다[12]. MBSFN은 non-MBSFN의 CRS와 PSS/SSS/PBCH 신호가 없으므로 MBSFN을 활용한 DSS는 방송 서비스를 위해 예약된 12개 심볼들을 5G-NR 서비스를 위해 사용하는 것이다. LTE에서는 매 20msec마다 하나 이상의 MBSFN을 구성할 수 있다. 하지만 동기화 신호 또는 페이징 기회와의 간섭을 피하고 방송 정보의 디코딩에 충분한 셀 특정 참조 신호를 사용할 수 있도록 하기 위해 10ms 한 프레임 내에서 0, 4, 5, 9 서브프레임은 MBSFN으로 사용할 수 없다.

따라서 MBSFN 서브프레임은 5G-NR 데이터 전송보

다는 주기적인 동기화 및 방송 정보 전송을 위해 사용하는 것이 합리적이다. 5G-NR 동기화 신호와 PBCH(SSB 블록)의 경우 부 반송파 간격은 5G-NR 작동 대역에 따라 다른데 FR1 대역은 대부분 15kHz 부반송파 간격을 사용하지만 충돌로 인해 non-MBSFN 서브프레임을 사용할 수 없기 때문에 MBSFN을 사용하여 구현할 수밖에 없다. MBSFN 영역에서는 LTE CRS 등이 없으므로 최대 2개의 5G-NR SSB를 맞춰 넣을 수 있다. 그러나 SSB 블록의 위치는 시간영역에서 고정되어 있고 유효한 MBSFN 서브프레임과 정렬하여야 하므로 모든 SSB가 유효한 MBSFN 서브프레임 내에 적용 가능한 것은 아니다. 전형적인 5G-NR SSB의 전송 주기는 20msec이다. LTE PDCCH와 CRS 신호를 감안할 때 3GPP TS 38.101-1에 의거, MBSFN 영역에서 5G-NR SSB는 case A와 B만 가능하다. 특히 부 반송파 간격이 15kHz 일 경우에는 case A를 선호한다(표 2 참조)[7].

Table 2. SSB starting symbol indices for FR1.

표 2. FR1에 대한 SSB 개시 심볼 위치

SSB SCS	3GHz 이하 대역	Example Band
Case A	NR SSB symbols within one LTE subframe = (2,3,4,5), (8,9,10,11)	n3, n5, n41
Case B	NR SSB symbols within one LTE subframe = (4,5,6,7), (8,9,10,11), (16,17,18,19), (20,21,22,23)	n5
Case C	NR SSB symbols within one LTE subframe = (2,3,4,5), (8,9,10,11), (16,17,18,19), (22,23,24,25)	n41

### 2.2 FR1 대역 특성 정의

현재 할당된 5G 3.5GHz 대역(n78)과 원활한 연동을 하면서 커버리지 보안을 하기 위해서는 3GHz 이하 대역을 활용하여야 한다. 앞서 언급한 바와 같이 이 대역들은 대부분 기존 LTE 서비스가 점유하고 있어 5G 서비스를 제공하기 위해서는 DSS를 적용할 수밖에 없다. 따라서 3GHz 이하 대역에서 DSS 적용 시나리오 도출을 위해서는 3GPP의 FR1 대역에서 정의한 대역별 동작 대역폭, DC(Dual Connectivity), CA(Carrier Aggregation) 등에 관한 표준을 분석하여야 한다. 본 논문에서는 3GPP TS 38.101을 분석하여 DSS 시나리오 도출에 적용하고자 한다. 국내에서 3GHz 이하 대역에서 기존 이동통신 3사가 주로 활용하는 대역은 800/900MHz 대역(b5/n5, b8/n8), 1.8GHz 대역(b3/n3, n80), 2.1GHz 대역(b1/n1) 등이며, 이 3개의 대역을 중심으로 표준을 분석

한다[7]. 먼저 FR1 대역의 대역별 LTE와 NR에서 각각 정의되는 대역폭 등의 내용을 분석 및 정리하면 다음 표 3과 같다.

Table 3. Defining FR1 Operating Bands.

표 3. 3GPP FR1 대역 정의(SCS=15kHz)

구분	동작 대역				
	b1	b3	b5	b8	-
LTE operating band	b1	b3	b5	b8	-
NR operating band	n1	n3	n5	n8	n80
Uplink [MHz]	1920	1710	824	880	1710
	1980	1785	849	915	1785
Downlink [MHz]	2110	1805	869	925	-
	2170	1880	894	960	-
Duplex Mode	FDD	FDD	FDD	FDD	SUL
Total BW[MHz]	60	75	35	35	75
LTE BW[MHz]	5, 10, 15, 20	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	1.4, 3, 5, 10	1.4, 3, 5, 10	-
NR BW[MHz]	5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 50	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 45, 50	5, 10, 15, 20, 25	5, 10, 15, 20, 35	5, 15, 20, 25, 30, 40

LTE b1과 b3 대역에서는 하나의 캐리어 당 최대 대역폭이 20MHz로 설정되지만, 5G-NR n1과 n3 대역에서는 최대 채널 대역폭이 50MHz까지 가능하다. 이러한 특성들이 DSS에 적용되면 다양한 시나리오들이 도출될 수 있다.

b1/n1과 b3/n3대역은 총 대역폭이 각각 60MHz와 75MHz이기 때문에 향후 주파수 재할당 시에 이동통신 사업자들이 전략적으로 30MHz~50MHz 폭의 광대역 주파수를 확보한다면 이 대역을 LTE와 5G-NR의 스펙트럼 공유를 통해 다양한 서비스 전략을 펼칠 수 있을 것이다. 또한, 3GPP 표준에서도 기존 LTE 대역에서 5G-NR 기술을 다양하게 적용할 수 있도록 b1/n1, b3/n3, b8/n8, n78(3.5GHz) 등을 연계한 다양한 캐리어 집성(CA)과 DC(Dual Connectivity) 옵션들을 제공하고 있다.

### 2.3 5G-NR/LTE 공존 시 단말기 RF 이슈

5G-NR과 LTE이 동일한 대역에 공존하게 될 경우, 기지국보다는 단말기에서의 다양한 RF 이슈가 발생할 수 있다. 이러한 이슈는 DSS를 적용할 경우 해당 시나리오에 따라 다소 달라질 수 있는데, 공유 대역을 NR 관점에서 단일 캐리어로 사용할 것인지, 분할된 2개 이상의 캐

리어를 적용할 것인지가 가장 중요하다. 그리고 해당 대역의 가용 폭에 따라 LTE 캐리어가 몇 개인지도 함께 고려되어야 할 것이다.

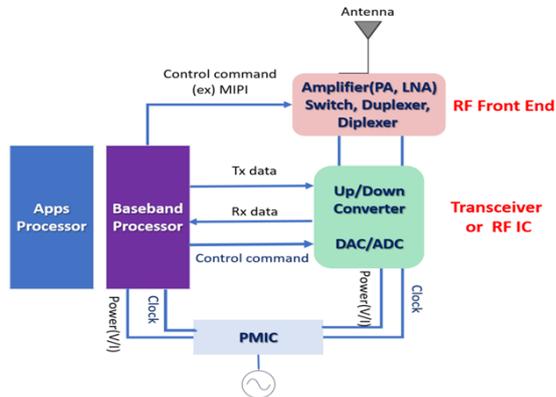


Fig. 7. Normal UE architecture.  
그림 7. 일반적인 단말기 구조

그림 7에서 보는 것과 같은 단말기의 구현 난이도는 단말기에서 사용되는 주파수 대역의 수와 동작 모드 개수에 종속적이다. 단말기가 동작하는 모든 대역(2G/3G/LTE/5G)과 모드(TDD/FDD/MIMO 등)의 수는 RFFE (RF Front End)와 트랜시버에 구현되어야 하는 RF 경로와 안테나 수와 연관되고, 적절한 아이솔레이션 설계 등 단말기 성능에 영향을 주는 요소이다. 이는 또한 전력 소모와 가용 면적에도 상호 영향을 미친다.

특히 동시에 동작하는 대역 및 모드(Inter-band CA, MIMO 등)와 안테나의 수는 증폭기 등과 같은 관련 소자의 공유 여부에 따라 상호변조 왜곡에 의한 내부 간섭(Inter-Modulation Distortion, IMD)과 전력 제한 및 PAPR과 같은 전력효율과 연계되는 요소들을 조정할 필요가 있게 한다. 상호변조 왜곡에 의한 내부 간섭은 특히 중요하여 2개 이상의 대역 간의 상호변조를 통해 다른 대역에 간섭을 초래할 수 있으므로 이에 대한 세심한 검토가 필요하다. 그림 8에서 보는 바와 같이 NSA(Not Stand-Alone) 방식의 EN-DC와 인접 대역과의 Uplink CA가 동시에 수행될 경우 LTE와 5G-NR의 RB들이 비연속적(non-contiguous)으로 운용될 때 IMD 왜곡에 의해 LTE 신호 Desensitization이 발생할 수 있다[13].

한편, FDD방식의 동작 대역의 경우 상·하향 링크의 이격과 대역폭의 크기에 따라 필터의 구현 가능성을 검토해보아야 한다. 이러한 듀플렉서 필터의 구현 가능성을 검증하는 기술적 기준(Rules of thumb)은 일반적으로 2가지인데, 하나는 Fractional Bandwidth(=대역폭/중심 주파수)가 대략 4% 이하이고, 다른 하나는 Transition

Bandwidth(Duplex Gap) 대 가장자리 주파수(edge frequency)의 비율이 1% 이상이다.

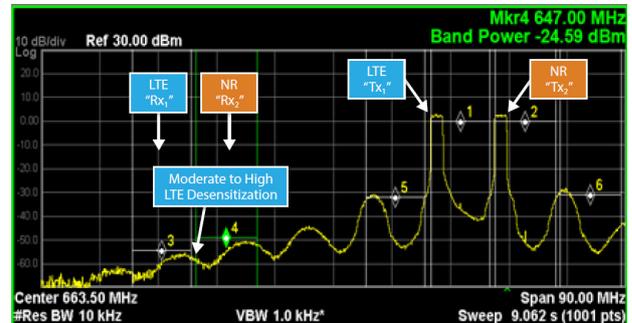


Fig. 8. IMD from NSA-based n78 and b3 simultaneous transmission.

그림 8. NSA 기반 n78과 b3 동시 전송 시 IMD[13]

### III. 기존 LTE 대역 적용 분석



Fig. 9. Domestic frequency status below 3GHz.

그림 9. 국내 3GHz이하 주요 대역 주파수 현황

국내에서 이동통신 용도로 사용되는 3GHz 이하 주요 대역의 현황을 살펴보면 그림 9와 같다. 800~900MHz 대역에서는 최대 30MHz의 폭이 확보 가능하며, 1.8GHz에서는 최대 50~55MHz 대역폭 확보가 가능하다. 그리고 2.1GHz 대역에서도 최대 60MHz 대역폭 활용이 가능하다. 5G-NR의 유연한 서비스 용도로는 최대한 넓은 대역폭을 가용할 수 있는 것이 유리하지만 2.1GHz 대역은 국내 이동통신사업자들이 3G와 LTE 서비스를 제공하며 가장 많은 이동통신 서비스 트래픽을 담당하고 있기 때문에 DSS 적용이 상대적으로 쉽지 않을 것이다. 한편, 1.8GHz(n80) 대역은 SUL(Single Uplink) 용도로 사용 가능하다. 따라서 본 논문에서는 b3/n3 대역에서 최대 50MHz 대역폭에서 DSS를 적용하는 여러 방안에 대해 2장에서 서술한 다양한 고려사항들에 대해 검토하고자 한다.

### 3.1 b3/n3 대역 DSS 적용 시나리오

해당 대역에서 50MHz 폭의 광대역 스펙트럼을 확보한다면 DSS를 적용하기 위한 다양한 시나리오들을 상정할 수 있다. 현재 3GPP Release 16에 의하면 하나의 광대역 5G-NR 캐리어 대역폭 내에서 최대 3개의 LTE-CRS rate matching 패턴을 구성할 수 있다. 이러한 표준에 의거하여 상정할 수 있는 시나리오들은 다음과 표 4와 같이 분류할 수 있다.

현재 기존 국내 이동통신사업자들은 b3/n3(1.8GHz) 대역에서 최대 20MHz 폭의 LTE 서비스를 운영하고 있다. 따라서 LTE에서 5G-NR로 서비스가 마이그레이션하고 있는 상황에서 지금보다 LTE 서비스를 위해 더 많은 캐리어 또는 더 넓은 대역폭을 활용할 가능성은 없다. 그러므로 시나리오 A와 B 유형에서 각각 가능성이 높은 시나리오는 다음 그림 10과 같이 가정할 수 있다. 그림 10에서 보는 바와 같이 시나리오 A에서는 50MHz 폭의 단일 5G-NR 캐리어에 20MHz 폭의 단일 LTE 캐리어를 CRS rate matching하는 방식이다.

Table 4. Assumed scenarios for DSS.

표 4. DSS 적용 가능 시나리오

구분	시나리오 개요
A 유형	- 50MHz 폭의 5G-NR 단일 캐리어에 다수의 LTE 캐리어를 CRS rate matching 방식으로 DSS 적용 • 1개 NR 캐리어(50MHz)+1-3개 LTE 캐리어(20MHz 캐리어와 10MHz 캐리어 조합)
B 유형	- 50MHz 폭을 2개 대역으로 분할하고, 하나의 대역은 5G-NR 캐리어로, 다른 하나는 DSS를 적용 • 5G-NR 캐리어는 20MHz 또는 30MHz폭을 할당

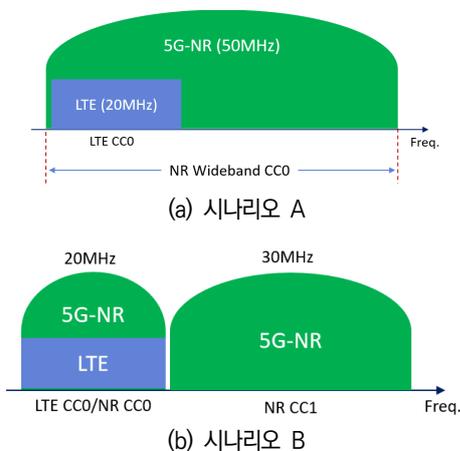


Fig. 10. The drawn DSS scenarios.

그림 10. 도출된 DSS 적용 시나리오

기존 LTE 서비스 관점에서는 5G-NR과의 DSS 기술 적용으로 인해 LTE 가용 RB(Resource Block)이 감소

하지만 그만큼의 서비스 트래픽을 5G-NR로 이전하면 되기 때문에 문제될 것은 없다. 5G-NR 관점에서는 50MHz 대역폭으로 인해 60kHz 부 반송파도 사용할 수 있어 다양한 서비스 전개가 가능할 것이다.

시나리오 B에서는 30MHz 폭의 5G-NR 캐리어와 20MHz 폭의 5G-NR과 LTE가 공존하는 DSS 적용 캐리어가 운용된다. 5G-NR 관점에서는 30MHz 폭의 독립 대역과 20MHz 폭의 DSS 적용 대역의 2개 대역을 활용할 수 있으므로 서비스 특성에 따라 스케줄러를 다양하게 운용할 수 있다. LTE 관점에서는 20MHz 폭을 기존 LTE 서비스 제공에 활용하면서 트래픽 수요에 따라 탄력적으로 5G-NR 서비스도 제공할 수 있도록 스케줄링을 하면 된다.

### 3.2 DSS 적용 시 오버헤드

DSS를 적용하여 이동통신 서비스를 점진적으로 보다 진화된 방향으로 마이그레이션해 갈 때 5G-NR과 LTE 방식이 공존함으로써 발생하는 시그널링 오버헤드에 의한 어느 정도의 비효율성은 감수하여야 한다. 시그널링 오버헤드는 5G-NR 운용 관점과 LTE 운용 관점으로 나누어 살펴볼 수 있다. 각 운용 관점에서 발생하는 시그널링 오버헤드는 다음 표 5와 같이 정리된다. 표 5에 정리한 오버헤드 요소들을 고려하여 각 관점에서 무선자원 활용 시 오버헤드를 산정하고자 한다. 이를 위해서 다음과 같은 전제조건을 적용한다.

- 5G-NR과 LTE 모두 부반송파 간격(SCS)이 15kHz로 고정하고, 2x2 또는 4x4 DL MIMO
- non-MBSFN 서브 프레임에서 처음 3개 심볼을 LTE와 5G-NR의 PDCCH 채널이 나누어 사용
  - 즉, LTE PDCCH가 처음 1개 심볼(#0 심볼)을 사용한다면 5G-NR PDCCH가 다음의 2개 심볼(#1 & #2 심볼)을 사용
- 5G-NR DMRS 신호는 Type A만 사용하는 것으로 하며, 매 서브 프레임 당 1개 또는 2개 심볼 적용
- LTE PSS/SSS/PBCH 신호는 RB-level rate matching을 적용하고, CRS 신호는 RE-level rate matching을 적용
- 매 프레임 당 1개의 MBSFN을 사용한다고 가정

이상의 전제조건을 바탕으로 다양한 경우의 수에 대해 각 관점의 오버헤드 비율을 계산하면 다음과 같다.

Table 5. Signaling overhead for DSS.

표 5. DSS 적용 시 시그널링 오버헤드

구분	시그널링 오버헤드 요소
5G-NR 운용 관점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- non-MBSFN 서브 프레임 이용 시                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE PDCCH 채널과 CRS와 같은 상시 신호 (always-on)</li> <li>• LTE PSS/SSS(주기 5msec)와 PBCH(주기 10msec) 신호</li> </ul> </li> <li>- MBSFN 서브 프레임 이용 시                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 최초 1~2개 심볼에 LTE PDCCH 채널과 CRS 신호 제공</li> <li>• MIMO 안테나 수에 따라 LTE CRS오버헤드 비율이 달라짐</li> </ul> </li> </ul>
LTE 운용 관점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- non-MBSFN 서브 프레임 이용 시                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5G-NR PDCCH와 DMRS 신호</li> </ul> </li> <li>- 일반적으로 매 20msec MBSFN 서브 프레임을 이용해 5G-NR SSB/RAR 신호</li> </ul>

(1) 5G-NR 운용 시 LTE 오버헤드

공통으로 적용되는 LTE PSS/SSS와 PBCH 신호에 대한 오버헤드인데, PSS/SSS 동기신호는 매 5msec 당 12개 RB를 요구하므로 1 프레임(10msec) 당 총 24개 RB 오버헤드 필요하고, PBCH는 매 10msec마다 24개 RB를 요구하므로 1 프레임 당 24개 RB 오버헤드 필요하다.

시나리오 A와 B 모두 DSS가 적용되는 대역폭은 20MHz 이고, LTE 기준으로 슬롯당 100[RB]이다. 공통으로 적용되는 신호의 가장 큰 주기는 10msec, 즉 1 Frame=20slots 이므로 총 2,000[RB]로 기준을 정한다. 앞에서 기술한 것처럼 PSS/SSS/PBCH는 1 프레임 당 48[RB]의 오버헤드를 요구한다. 따라서 1 프레임의 2,000[RB] 중에서 48[RB] 제외한 나머지 무선 리소스에 대해 3가지 LTE PDCCH 및 CRS 경우에 대한 오버헤드 비율을 적용하면 전체 LTE 오버헤드가 다음 식 (1) 과 같이 계산된다.

$$\text{전체 오버헤드} = (2,000 - 48) \times \alpha + 48 \quad (1)$$

여기서  $\alpha$ 는 LTE PDCCH 및 CRS에 의한 시그널링 오버헤드 비율이다.

① LTE PDCCH 1개 심볼, 2×2 DL MIMO(2 CRS) 사용하는 경우

이 경우에는 매 서브 프레임마다 PDCCH 1개 심볼에 해당하는 12개 RE 오버헤드 필요하다. 그리고 그림 4를 참조하면 2개 안테나에 2개 참조신호(CRS, #0과 #1)를 요구하며, 첫 번째 심볼의 CRS 참조신호는 PDCCH 신호와 중첩되므로 매 서브 프레임마다 12개의 RE 오버헤드 필요하다.

또한, MBSFN 서브 프레임을 사용할 때 LTE PDCCH 1개 심볼이 요구되므로 12개의 RE 오버헤드 필요하다. 따라서 1개 프레임(1개 MBSFN+9개 non-MBSFN) 당 PDCCH와 CRS에 의한 총 오버헤드는 228개 RE이다. 즉,

$$12_{MBSFN} + 9_{non-MBSFN} \times (12_{PDCCH} + 12_{CRS}) = 228 [RE]$$

한 프레임이 1,680개 RE로 구성되므로 LTE PDCCH와 CRS 시그널링 오버헤드 비율은 13.57% 이다. 따라서 전체 오버헤드는 312.89 [RB]이고, 2,000[RB]의 15.64%에 해당된다.

② LTE PDCCH 2개 심볼, 2×2 DL MIMO(2 CRS) 사용하는 경우

여기서는 매 서브 프레임마다 PDCCH 2개 심볼에 해당하는 24개 RE 오버헤드 필요하다. 그리고 안테나와 관련된 CRS 신호는 앞의 ①과 동일하므로 매 서브 프레임마다 12개의 RE 오버헤드 필요하고, MBSFN 서브 프레임에 대한 LTE PDCCH 오버헤드도 앞과 동일하여 24개의 RE 오버헤드 필요하다. 따라서 프레임(1개 MBSFN+9개 non-MBSFN) 당 총 오버헤드는 348개 RE이다. 즉,

$$24_{MBSFN} + 9_{non-MBSFN} \times (24_{PDCCH} + 12_{CRS}) = 348 [RE]$$

LTE PDCCH와 CRS 시그널링 오버헤드 비율은 20.71% 이고, 전체 오버헤드는 452.26 [RB]이고, 2,000[RB]의 22.61%에 해당된다.

③ LTE PDCCH 2개 심볼, 4×4 DL MIMO(4 CRS) 사용하는 경우

매 서브 프레임마다 PDCCH 2개 심볼에 해당하는 24개 RE 오버헤드 필요하다. 그리고 그림 4를 참조하면 4개 안테나에 4개 참조신호(CRS, #0,1,2,3)를 요구하며, 첫 번째 심볼의 CRS 참조신호는 PDCCH 신호와 중첩되므로 매 서브 프레임마다 16개의 RE 오버헤드 필요하고, MBSFN 서브 프레임에 대한 LTE PDCCH 오버헤드도 앞과 동일하여 24개의 RE 오버헤드 필요하다. 따라서 프레임(1개 MBSFN+9개 non-MBSFN) 당 총 오버헤드는 384개 RE이다. 즉,

$$24_{MBSFN} + 9_{non-MBSFN} \times (24_{PDCCH} + 16_{CRS}) = 384 [RE]$$

LTE PDCCH와 CRS 시그널링 오버헤드 비율은 22.86% 이고, 전체 오버헤드는 494.23[RB]이고, 2,000[RB]의

24.71%에 해당된다.

이제 LTE PDCCH와 CRS 신호의 3가지 경우와 공통 PSS/SSS/PBCH 신호에 대한 시그널링 오버헤드를 적용하여 3.1절에서 제시한 두 가지 시나리오 A와 B에 대한 LTE 오버헤드 비중을 분석한다. 시나리오 A는 5G-NR 관점에서 보면 slot(LTE 기준) 당 총 270[RB]의 운용이 가능하다. 따라서 1 프레임 당 가용 무선 리소스는 총 5,400[RB]이다. 그러나 시나리오 B는 대역을 분할하여 사용하므로 20MHz 폭 대역은 LTE에 맞춰 슬롯 당 100[RB]를 사용하는 것으로 가정하고, 30MHz 폭의 대역은 5G-NR만 사용하므로 슬롯 당 160[RB]를 적용한다. 이에 따라 1 프레임 당 가용 무선 리소스는 5,200[RB]이다. 분석 결과는 다음 표 6과 같다.

Table 6. Overhead ratio for each scenario.

표 6. 시나리오 및 경우 별 전체 오버헤드 비율

구분	경우 ①	경우 ②	경우 ③
시나리오 A	5.79%	8.39%	9.15%
시나리오 B	6.02%	8.70%	9.50%

(2) LTE 운용 시 5G-NR 오버헤드

공통으로 적용되는 오버헤드로서 5G-NR SSB 신호는 그림 6에서 보는 것처럼 매 20msec마다 MBSFN 서브 프레임을 사용하여 전송하게 되므로, LTE PDCCH 등을 위한 처음 1~2개 심볼을 제외한 나머지 12개 심볼(144 RE) 또는 13개 심볼(156 RE)의 오버헤드가 필요하다. 여기서는 전체 오버헤드를 계산할 때 5G-NR SSB 오버헤드를 고려하기 위해서 전송 시간 구간 기준을 2개 프레임(20msec)을 설정한다.

① 5G-NR PDCCH 1개 심볼, DMRS 1개 심볼 사용하는 경우

매 서브 프레임마다 PDCCH 1개 심볼에 해당하는 12개 RE 오버헤드 필요하고, DMRS 1개 심볼에 해당하는 12개 RE 오버헤드 필요하다. 따라서 2 프레임(1개 MBSFN+1개 MBSFN(SSB)+18개 non-MBSFN) 당 총 오버헤드는 576개 RE이다. 즉,

$$12_{SSB} \times 12 + 18_{non-MBSFN} \times (12_{PDCCH} + 12_{DMRS}) = 576[RE]$$

2개 프레임이 3,360개 RE로 구성되므로 5G-NR 시그널링 오버헤드 비율은 17.14%이다.

② 5G-NR PDCCH 2개 심볼, DMRS 2개 심볼 사용하는 경우

매 서브 프레임마다 PDCCH 2개 심볼에 해당하는 24개 RE 오버헤드 필요하고, DMRS 2개 심볼에 해당하는 24개 RE 오버헤드 필요하다. 따라서 2 프레임 당 총 오버헤드는 1,020개 RE이다. 즉,

$$13_{SSB} \times 12 + 18_{non-MBSFN} \times (24_{PDCCH} + 24_{DMRS}) = 1020[RE]$$

2개 프레임이 3,360개 RE로 구성되므로 5G-NR 시그널링 오버헤드 비율은 30.36%이다.

시나리오 A와 B 모두 LTE 운용 대역폭이 20MHz으로 동일하고, 5G-NR 오버헤드 비율도 동일하다. 따라서 LTE 운용 관점에서는 5G-NR의 비율이 대략 17~30%의 오버헤드 비율을 갖는다.

3.3 단말기 주요 RF 이슈 분석

2.3절에서 서술한 단말기 이슈들에 대한 분석을 수행하기 위해 DSS를 적용하고자 하는 예상 단말기 형상에 대해 주요 동작 대역과 MIMO 모드 등을 다음과 같이 가정한다.

- 3.5GHz(n78) 대역 : TDD, 2T2R UL/DL-MIMO
- 1.8GHz(b3/n3), 2.1GHz(b1) : FDD, 1(or 2)T2R DL-MIMO
- GPS, 와이파이, 블루투스 등은 고려하지 않음

각 동작 대역별로 고려 대상이 되는 동작 대역들은 3개 이동통신 사업자의 할당 대역을 모두 포함하며 이를 정리하면 다음 표 7과 같다.

Table 7. Operating Bands for UE.

표 7. 예상 단말기 동작 대역 개요

대역	상행[MHz]	하행[MHz]
b1(LTE)	1920~1980	2110~2170
b3/n3(NR/LTE)	1730~1780	1825~1875
n78(NR)	3420~3700	

다수의 동작 대역들이 여러 개의 안테나로 MIMO 동작을 하면서 신호를 전송할 경우 가장 중요한 것 중의 하나가 단말기 내부 간섭이다. 이러한 간섭은 각 동작 대역들의 고조파 성분들, 동작 대역 간의 상호변조(IMD) 등에 의한 것이다. 특히 본 연구에서는 광대역 1.8GHz

대역의 동작 시 다른 대역과 동시 전송 시(예: inter-band CA, NR-DC 등) 고조파 성분과 2/3/4/5차 IMD에 의한 간섭을 분석할 필요가 있다. 각 경우에 대한 간섭 분석 결과를 다음에 제시한다.

(1) b3과 n78 동시 전송 시

b3 대역의 상향 주파수의 2차 고조파(2×[1730~1780 MHz])는 n78 대역인 [3470~3560 MHz] 영역으로 간섭 발생 가능성이 있다. 이를 해결하기 위해서는 광대역인 b3 대역 듀플렉서 등의 필터의 광대역 감쇄(Wide-band attenuation) 특성을 잘 조정할 필요가 있다. 한편, b3 상향 대역과 n78 대역이 동시 상향 전송 시 상호 변조에 의한 내부 간섭이 발생할 수 있다(그림 11 참조).

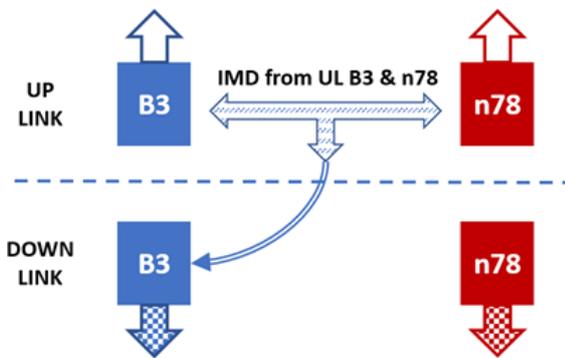


Fig. 11. IMD interference from b3/n78 UL.  
그림 11. b3와 n78 동시 상향 전송 시 IMD 간섭

- 2차 IMD로부터의 간섭

$$2^{nd} IMD_{upper} = n78_{upper} - b3/n3_{lower}$$

$$2^{nd} IMD_{lower} = n78_{lower} - b3/n3_{upper}$$

- 4차 IMD로부터의 간섭

$$4^{th} IMD_{upper} = 3 \times b3/n3_{upper} - n78_{lower}$$

$$4^{th} IMD_{lower} = 3 \times b3/n3_{lower} - n78_{upper}$$

- 5차 IMD로부터의 간섭

$$5^{th} IMD_{upper} = 2 \times n78_{upper} - 3 \times b3/n3_{lower}$$

$$5^{th} IMD_{lower} = 2 \times n78_{lower} - 3 \times b3/n3_{upper}$$

이상의 각 IMD 간섭 분석으로부터 2차, 4차, 5차 IMD 간섭의 가능성이 있음을 알 수 있다. 즉, 2차 IMD는 [1640~1970 MHz] 대역 즉, b3/n3 하향 링크에 간섭을 줄 수 있고, 4차 IMD는 [1490~1920 MHz] 대역, 즉 b3/n3 하향 링크에 간섭을 줄 수 있으며, 5차 IMD도 [1500~2210 MHz] 대역, 즉 b3/n3 하향 링크에 간섭을 줄 수 있다.

(2) b1과 b3/n3 동시 전송 시

앞에서 분석한 b3/n3와 n78의 경우처럼 b1과 b3/n3 대역도 상향으로 동시 전송 시 IMD에 의한 내부 간섭이 발생할 수 있다. 특히 동일한 RF 체인을 사용할 경우 그 간섭 가능성은 더 커질 것이다.

- 3차 IMD로부터의 간섭

$$3^{rd} IMD_{upper} = 2 \times b1_{upper} - b3/n3_{lower}$$

$$3^{rd} IMD_{lower} = 2 \times b1_{lower} - b3/n3_{upper}$$

본 경우의 IMD 간섭 분석을 통해 3차 IMD 간섭 가능성만 있음을 알 수 있다. 즉, 3차 IMD는 [2060~2230 MHz] 대역, 즉 b1 하향 링크에 간섭을 줄 수 있다. 만약 b3와 n78 대역을 EN-DC를 적용하고자 할 경우, 이러한 간섭의 우려로 3GPP ts 38.101-3에 의해 Single Uplink 전송만 허용하고 있다. 즉, 한번에 한 대역만 상향링크로 전송하도록 하여야 한다[8].

마지막으로 광대역 1.8GHz 대역에 5G-NR과 LTE가 그림 12와 같이 동일한 RF path를 갖도록 구성될 것이므로 DSS 적용 시나리오에 따라 RF 특성에 대한 분석이 필요하다. 시나리오 B는 DSS 적용 대역과 5G-NR 단독 대역으로 분리되어 RF 요구사항이 다소 완화될 수 있지만 50MHz 대역폭을 5G-NR 단일 캐리어로 사용하면서 LTE와 DSS를 사용하는 시나리오 A에 대해서는 RF 요구사항을 분석할 필요가 있다.

앞에서도 언급한 바와 같이 단말기에 2×2 UL-MIMO를 적용 시 2개의 안테나와 관련 RF 모듈이 요구되므로 이는 전력 및 단말기 내 가용 면적 등을 검토하여 설계 시 반영하여야 한다.

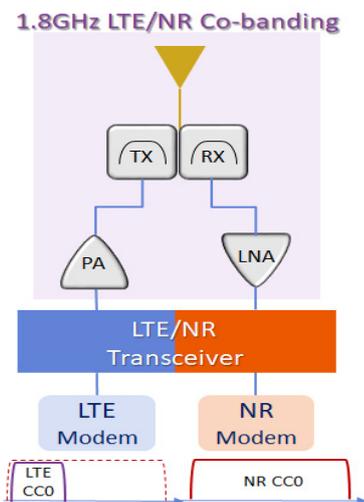


Fig. 12. RF configuration for wide-band 1.8GHz DSS.  
그림 12. 광대역 1.8GHz DSS 적용 RF 구성

그리고 LTE UL은 DFT-SC-OFDM, 5G-NR UL은 CP-OFDM과 DFT-S-OFDM을 지원하여 5G-NR과 LTE가 합쳐진 광대역 상향링크 신호는 높은 PAPR을 갖게 될 것이다. 이는 전력증폭기가 높은 선형성을 보이면서 전력효율도 좋게 하여야 하므로 전력 관리 알고리즘(power management)을 적용하여야 한다. 아울러 64/356 QAM Uplink와 같은 고차 변조 적용 시 3GPP ts 38.101-1과 38.101-3 표준을 적용하여 MPR(Maximum Power Reduction)을 적용하여야 한다.

1.8GHz 대역에서 50MHz 대역폭의 광대역 필터는 2.3절에서 서술한 기준에 따라 계산해 보면 Fractional 대역폭이  $50\text{MHz}/1755\text{MHz}=2.85\%$  로서 4% 이하이고, 하향 링크의 가장자리 주파수 대비 전이 대역(상향 최고 주파수와 하향 최저 주파수의 차이)의 비율이  $45\text{MHz}/1825\text{MHz}=2.47\%$  로서 1% 이상이므로 구현하는데 기술적 문제는 없을 것이다.

#### IV. 결론

전 세계적으로 5G 서비스가 놀라운 속도로 확산되고 있다. 스펙트럼 관점에서 우리나라는 FR1(7.125GHz 미만)과 FR2(밀리미터파) 대역 모두에서 거의 동시에 상업적으로 장비가 출시되고 상용 5G 네트워크가 구축되고 있다. 대부분의 5G 네트워크는 3.5GHz(n78) 대역에서 사업자당 100MHz 폭으로 서비스를 제공한다. 이러한 기존 이동통신주파수보다 높은 주파수의 넓은 대역폭은 eMBB 서비스 등의 이점을 누릴 수는 있지만 동시에 셀 커버리지가 축소되는 문제가 발생하게 된다. 보편적인 B2C 서비스 관점에서는 5G 네트워크의 커버리지와 용량이 모두 중요한 요소인데 높은 주파수 특성으로 인한 커버리지, 특히 도심의 옥내 커버리지와 교외 및 농촌의 넓은 옥외 커버리지 확보는 중요한 과제가 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 저대역에서 5G 커버리지 보안을 위한 솔루션이 요구된다. 그런데 저대역의 대부분 주파수는 LTE가 점유하고 있으며, 5G로의 진화가 마무리될 때까지 최소 수년 동안은 여전히 많은 트래픽을 LTE가 담당할 것이다. 결국 저대역을 활용한 5G 커버리지 개선을 위해서는 3GPP Release 15~17 표준에서 제공하는 DSS(Dynamic Spectrum Sharing) 기술 활용이 불가피하다.

본 논문에서는 저대역에서 DSS를 활용하기 위한 시그널링 오버헤드 요소를 살펴보고, 단말기 구성 시 발생할 수 있는 RF 이슈들도 도출하였다. 이러한 쟁점 사항에

대해 5G 서비스 특성을 가장 잘 수용할 수 있는 광대역 주파수 확보가 가능한 1.8GHz 대역을 대상으로 DSS 적용 시 시그널링 오버헤드 비율과 단말기 RF 특성들을 분석하였다. 50MHz 폭의 1.8GHz 대역에서 2가지 DSS 적용 시나리오에 대해 시그널링 오버헤드 비율을 적용한 결과, 5G-NR 관점에서는 약 6~10%의 오버헤드 비율을 보였고, LTE 관점에서는 약 17~30% 오버헤드 비율을 보인다. LTE 관점에서는 오버헤드 비율이 상당히 높은 점이 문제가 될 수 있지만, LTE 트래픽의 5G로의 이전 속도가 빨라질 것을 감안한다면 5G 커버리지 개선의 이점이 더 클 것으로 예상된다.

5G-NR과 LTE의 DSS를 적용하는 단말기 구현 시에는 5G-NR(n78)과 LTE(b1, b3) 동시 전송 시 우려되는 상호변조(IMD)에 의한 내부 간섭과 PAPR을 감안한 효율적인 RFIC 및 전력증폭기를 설계하고, 3GPP 표준에 의거한 Single Uplink 전송 작동 알고리즘을 잘 적용한다면 대부분의 단말기 이슈들은 해결할 수 있을 것이다. 이상과 같은 저대역을 활용한 DSS 적용과 단말기 구현으로 5G 커버리지가 개선된다면 지금보다 더 우수한 5G 서비스 품질을 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

#### References

- [1] Lei Wan, Zhiheng Guo, Yong Wu, Wenping Bi, Jinhong Yuan, Maged El-kashlan, and Lajos Hanzo "4G/5G Spectrum Sharing," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 2018.
- [2] Lei Wan, Zhiheng Guo, and Xiang Chen, "Enabling efficient 5G NR and 4G LTE Coexistence," *IEEE wireless communications*, 2019. DOI: 10.1109/MWC.2019.8641417
- [3] "5G Uplink Enhancement Technology White Paper," ZTE, Nov. 2020.
- [4] Bowen Cai, Weiliang Xie, and Han Guo, "Analysis and Field Trial on Interference Coexistence of 5G NR and 4G LTE Dynamic Spectrum Sharing," *2021 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC)*, 2021. DOI: 10.1109/IWCMC51323.2021.9498772
- [5] Choi Jung Mi, "Dynamic Spectrum Sharing," *Samsung Technical White paper*, 2021.
- [6] Sergey Maximov, Chung-Cheng (Lewis) Yu, Mohamed A. El-saidny, "5G NR and 4G LTE

Coexistence,” *MEDIATEK white paper*, 2018.

[7] “5G NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone,” 3GPP TS 38.101-1, version 16.4.0 Release 16, 2020.

[8] “5G NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 3: Range 1 and Range 2 Interworking operation with other radios,” 3GPP TS 38.101-3, version 17.6.0 Release 17, 2022.

[9] “LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception,” 3GPP TS 36.101 version 17.6.0, Release 17, 2022.

[10] “5G NR; Physical channels and modulation,” 3GPP TS 38.211 version 17.3.0, Release 17, 2022.

[11] “5G NR; Multiplexing and channel coding,” 3GPP TS 38.212 version 17.3.0 Release 17, 2022.

[12] “5G NR; Radio Resource Control (RRC); Protocol specification,” 3GPP TS 38.331 version 17.2.0 Release 17, 2022.

[13] “5G New Radio Solutions: Revolutionary Applications Here Sooner than You Think,” <https://www.skyworksinc.com/-/media/skyworks/documents/products/2901-3000/5g-white-paper-part-2.pdf>

#### Soong-Hwan Ro (Member)



1987 : BS degree in Electronic Engineering, Korea University.  
1989 : MS degree in Electronic Engineering, Korea University.  
1993 : PhD degree in Electronic Engineering, Korea University.  
1997~1998 : Invited Researcher ETRI.

## BIOGRAPHY

#### Seong-Gyoon Park (Member)



1985 : BS degree in Electronic Engineering, Yonsei University.  
1987 : MS degree in Electronic Engineering, Yonsei University.  
1994 : PhD degree in Electronic Engineering, Yonsei University.

1987~1989 : Research Engineer, Samsung Electronics.  
1994 : ETRI Post Doc.