

# 해외 5G 주파수 경매사례 분석: 3.7GHz 대역을 중심으로

## A Study on the 5G Spectrum Auction Cases of 3.7 GHz Spectrum Band

조찬우 (C.W. Cho, cchanw@etri.re.kr)

지능화정책연구소 선임연구원

이성준 (S.J. Lee, sungjun2@etri.re.kr)

지능화정책연구소 책임연구원

유지은 (J.E. Yu, jieun.yu@etri.re.kr)

지능화정책연구소 선임연구원

### ABSTRACT

This study derived implications regarding competition policy to establish a reasonable spectrum allocation draft of a 3.7 GHz spectrum band by indepth analysis of 5G spectrum auctions. The following general features were identified by examining auctions of three countries, including the United States, United Kingdom, and Denmark, were completed in 2021. First, securing the minimum bandwidth that is essential for service competition was guaranteed by applying the spectrum cap. Second, a continuous spectrum band was allocated to all mobile network operators. Third, certain requirements were implemented to encourage the expansion of 5G service coverage. The spectrum cap that was implemented in Korea during the most recent spectrum auction was ineffective regarding competition policy. Additionally, it is anticipated that the allocation of 3.7-4.0 GHz spectrum will considerably impact market competition because the continuity of spectrum band is different among mobile service operators. Therefore, it is time to discuss promoting the 5G service competition in Korea by revising related laws.

**KEYWORDS** 5G, 경쟁정책, 이동통신, 주파수, 주파수 경매, 해외사례

## 1. 서론

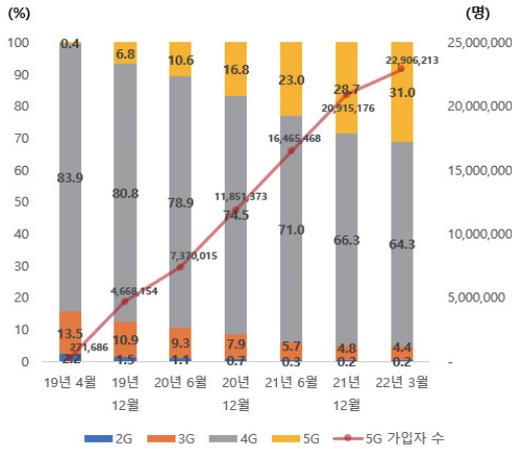
국내 5G 이동통신 서비스는 2019년 4월 상용화 이후, 2022년 3월말 현재 가입자가 2,291만여 명으로 전체 이동통신 가입자의 약 31% 수준을 차지하고 있다(그림 1 참고)[1]. 5G 가입자의 월평균 데이터 사용량은 2022년 3월말 기준 27.2GB로, 4G 가입자

의 월평균 데이터 사용량 8.2GB에 비해 약 3.3배에 달한다[2]. 이 때문에 데이터 전송속도, 커버리지 등 데이터 품질이 이용자의 만족도에 미치는 영향이 과거에 비해 훨씬 커졌다.

실제로, 5G 서비스 가입자의 약 79%가 데이터 품질이 통신사 선택에 영향을 미치는 중요 요인이라 응답하였으며, 5G 서비스의 가장 중요한 만족 요인

\* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2022.J.370508>





출처 Reproduced from [1], 공공누리 4유형.

그림 1 국내 이동통신 서비스 가입자 추이

이자 불만족 요인이 데이터 속도인 것으로 나타났다[3].

이처럼, 데이터 품질의 중요도가 더욱 증대됨에 따라 이동통신사업자에 있어 데이터 서비스 제공에 필수요소인 주파수 확보의 중요성 또한 더욱 커지고 있다. 과학기술정보통신부는 2019년 5G+ 스펙트럼 플랜을 통해 3.70GHz 대역의 주파수 300MHz 폭을 5G 서비스용으로 공급할 계획을 밝혔다. 현재 위성통신용으로 활용 중인 해당 대역의 클리어링 작업을 진행 중이며[4], 클리어링 완료 이후 주파수 수요에 따라 공급을 위한 경매 일정 등을 확정할 계획이다[5]. 3.70GHz 대역은 2018년 공급한 3.50GHz 대역과 인접하며, 할당 결과에 따라 이동통신사업자별 유·불리가 분명하여 시장경쟁에 미치는 영향이 클 것으로 예상된다. 따라서, 해당 대역의 주파수 공급을 위한 합리적인 할당방식(안)을 수립하는 것이 매우 중요하며, 이를 위해서는 동일 대역의 해외 주파수 경매사례에 대한 검토가 필요하다.

이에 본고에서는 2021년 이루어진 해외 5G 주파수 경매사례를 심층 분석하여, 향후 합리적인 할당방식(안) 수립을 위한 경쟁정책 측면에서의 고려사

항 및 시사점을 도출하고자 한다.

## II. 해외 5G 주파수 경매사례 분석

### 1. 분석 대상 및 분석의 관점

2021년 해외에서 진행된 5G 서비스용 주파수 경매 사례는 표 1[6,7]과 같다. 이 중 3.70GHz 대역의 공급사례이면서, 국내와 동일하게 5G 서비스용 주파수의 최초 공급 이후, 주파수를 추가공급하는 사례를 분석대상으로 선정하였다. 덴마크, 영국, 미국의 경매 사례가 이에 해당하며, 세 국가의 사례 모두 각기 다른 경매방식을 활용하였기 때문에 의미있는 시사점 도출이 가능할 것으로 판단하였다. 두 번의 경매를 진행한 미국의 경우, 보다 최근 사례인 10월 경매사례를 분석하였다.

각 사례에 대한 심층분석은 경매방식과 세부 입찰 규칙, 주파수 할당 조건, 경매 결과, 시장 경쟁상황 변화의 관점에서 분석하였다. 경매방식과 세부 입찰 규칙은 클릭 경매(Clock Auction), SMRA(Simultaneous Multi-Round Ascending auction), CMRA(Combinatorial Multi-Round Ascending auction) 등 각 사례에 활용된 입찰방식과 특징적인 세부 입찰규칙에 대해 살펴보았

표 1 2021년 진행된 해외 5G 주파수 경매사례

시기	국가	대역(GHz)	경매방식
1월	스웨덴	3.50	클릭 경매
3월	덴마크	3.41~3.80	CMRA
	미국	3.70~3.98	클릭 경매
4월	영국	3.60~3.80	SMRA
	슬로베니아	3.50	SMRA
7월	캐나다	3.45~3.65	클릭 경매
10월	미국	3.45~3.55	클릭 경매
11월	루마니아	3.50	CCA

출처 Reproduced from [6,7].

다. 주파수 할당 조건은 망 구축 의무, 주파수 총량 제한 등 시장경쟁 관점에서 의미가 있는 할당 조건들을 중심으로 분석하였다. 경매 결과는 최저 경쟁 가격 및 최종 낙찰가격, 입찰자별 할당 대역폭 등에 대해 분석하였다. 시장 경쟁상황 변화의 경우 해당 국가의 이동통신사업자별 5G 주파수 보유량, 주파수 할당 전후의 시장점유율 변화 등을 분석하였다.

## 2. 미국 3.45~3.55GHz 대역 경매사례

미국 연방통신위원회 FCC는 2021년 10월 3.45~3.55GHz 대역의 주파수 100MHz 폭 공급을 위한 경매를 진행하였다[8]. 미국 전역을 인구수에 따라 406개 PEA(Partial Economic Areas)로 구분하고, 각 PEA별로 10개의 면허, 총 4,060개의 면허를 공급하였다. 경매에는 이동통신사업자인 AT&T와 T-Mobile을 포함하여 총 33개 사업자가 참여하였다.

### 가. 경매방식 및 세부 입찰규칙

경매방식은 클릭 경매를 활용하였다. 클릭 경매는 두 단계로 진행되며, 할당 대역폭을 먼저 결정하고, 그다음 할당 대역의 위치를 결정한다. 경매가 진행됨에 따라 매 라운드 제시되는 라운드 가격이 상승하며, 공급 주파수량을 초과하는 수요가 없을 때까지 경매를 진행한다. 입찰자가 현재 라운드 가격을 넘지 않는 범위 내에서 원하는 가격을 제시하는 것을 허용하여 낙찰가가 지나치게 높아지는 것을 방지하며, 최종 라운드의 라운드 가격이 1단계의 낙찰가로 결정된다. 2단계에서는 1단계의 낙찰자 모두 연속된 대역을 할당받을 수 있도록 FCC가 위치 옵션을 제시, 입찰자는 원하는 위치에 입찰하여 입찰금액의 합이 가장 높은 옵션이 승리옵션으로 결정된다.

### 나. 주파수 할당조건

FCC는 이번 경매에서 별도의 망 구축 의무를 부과하지 않았으나, 그 대신 주파수를 활용하는 서비스별로 성능 의무(Performance Obligation)를 부과하였다. 성능 의무는 면허낙찰 이후 4년, 8년 이내에 달성해야 하는 서비스 성능 목표치를 제시, 이를 달성하지 못하는 경우 면허를 회수하도록 하는 것으로, 이를 통해 5G, IoT 등 신기술의 확산을 촉진하고자 하였다. 또한 특정사업자로의 주파수 쏠림현상 방지 및 주파수의 효율적 이용, 서비스 경쟁 촉진을 통한 최신기술의 확산 등의 목적을 달성하고자 PEA별로 40MHz(4개 면허)의 총량제한을 적용하였다. 공급 대역은 서비스 및 기술중립성을 보장하며, 면허 기간은 15년이다.

### 다. 경매 결과

경매는 2021년 10월 5일에 시작하여 2021년 11월 16일 1단계가 종료(151라운드 종료)되었으며, 2단계는 2021년 12월 9일에 시작되어 2022년 1월 4일 종료되었다. 경매의 최저 경쟁가격은 공급 대역의 주파수를 전부 회수·재공급하는 데 소요되는 비용의 110%를 기준으로 산정되었으며, 각 PEA의 인구가 많을수록 높게 책정하였다. 공급면허 전체의 최저 경쟁가격은 147.7억 달러이다. 최종 낙찰가격은 225억 1,360만 달러(원화 약 26조 8,092억 원; 2022년 1월 4일 고시환율 기준), 면허 낙찰률은 99.5%(전체 공급면허 4,060개 중 4,041개 낙찰)였다.

경매에서 가장 많은 금액을 지불한 이동통신사업자는 AT&T이며(90억 7,917만 달러), 확보한 면허 수 또한 AT&T가 1,624개로 가장 많았다. T-Mobile은 199개 면허를 28억 9,800만 달러에 낙찰받았다. 면허 수 및 최종 낙찰가격 기준 상위 5개 사업자는 표 2와 같다.

표 2 미국 3.45~3.55GHz 대역 주파수 경매결과

순위	낙찰 면허		최종 낙찰가격	
	사업자	면허 수 (개)	사업자	낙찰가격 (억 달러)
1	AT&T	1,624	AT&T	90.79
2	Dish	1,232	Dish	73.28
3	US Cellular	380	T-Mobile	28.98
4	Cherry	319	Three Forty-Five	13.79
5	T-Mobile	199	US Cellular	5.80
합계		4,041		225.14

출처 Reproduced from [7].

표 3 미국의 5G 서비스용 주파수 할당현황

MNO	대역(GHz)	면허 수 (개)	낙찰가격(억 달러)	
AT&T	3.45~3.55	1,624	90.79	324.9
	3.55~3.65	-	-	
	3.70~3.98	1,621	234.06	
T-Mobile	3.45~3.55	199	28.98	122.9
	3.55~3.65	8	0.56	
	3.70~3.98	142	93.36	
Verizon	3.45~3.55	-	-	473.5
	3.55~3.65	557	18.94	
	3.70~3.98	3,511	454.55	

출처 Reproduced from [7].

라. 시장 경쟁상황의 변화

3.45~3.55GHz 대역 주파수 경매는 2020년 7월 3.55~3.65GHz 대역 CBRS 주파수 경매, 2020년 12월 3.70~3.98GHz 대역 C-band 경매에 이어 미국에서 세 번째로 진행된 5G 서비스용 주파수 경매이다. 세 번의 경매를 통해 공급된 주파수는 총 480MHz 폭이며, 각 이동통신사업자별 5G 서비스용 주파수 할당현황은 표 3과 같다. Verizon은 3.55~3.65GHz, 3.70~3.98GHz 두 대역에서 가장 많은 금액인 473.5억 달러를 지불하였으며, AT&T는 3.45~3.55GHz, 3.70~3.98GHz 대역에서 324.9억 달러를 지불하였다. T-Mobile은 3개 대역에서 모두 면허를 확보하였으나, 가장 적은 122.9억 달러를 지불하였다. AT&T는 3.45~3.55, 3.70~3.98GHz 대역에서, Verizon은 3.70~3.98GHz 대역에서 모든 PEA의 면허를 확보, 해당 주파수를 활용하여 전국망 구축이 가능하게 되었다.

최초의 5G 서비스용 주파수 경매시기인 2020년 전후의 미국 이동전화 서비스 시장점유율 추이를 살펴보면 표 4와 같다[9]. 2018년 이후 이동통신사업자별 시장점유율 순위는 큰 변동이 없으나, 2020

표 4 미국 이동전화 서비스 시장점유율

(단위: %)

사업자	연도			
	2018	2019	2020	2021
AT&T	27.1	26.3	26.6	27.0
T-Mobile	19.1	20.3	34.5	35.1
Sprint	14.5	14.3	-	-
Verizon	31.4	31.5	31.5	34.4

출처 Telegeography, 무단 전재 및 재배포 금지 [9].

년을 전후하여 T-Mobile이 Sprint와 인수·합병함에 따라 시장점유율 1위가 되었다.

마. 소결

세 번에 걸친 5G 서비스용 주파수 경매 결과와 이동통신 서비스 시장점유율 변화 등으로 미루어볼 때, 향후 미국 5G 서비스 시장의 경쟁은 중대역 주파수를 활용하여 전국망 구축이 가능한 AT&T와 Verizon을 중심으로 전개될 가능성이 크다. 다만, 3위 사업자인 T-Mobile 또한 Sprint와의 합병을 통해 중·저대역 주파수(700MHz, 1.90GHz, 2.50GHz 대역) 면허를 다수 확보하였고, Dish, US Cellular 등 이동

통신사업자 이외에 대형 지역통신사업자들 또한 다수의 면허를 확보하였기 때문에 시장경쟁이 현재보다 더욱 활성화될 개연성도 존재한다. 또한, 주파수 총량제한, 성능 의무 등의 할당 조건이 사업자 간의 서비스 경쟁을 유도하는 효과도 일부 있을 것으로 예상된다.

### 3. 영국 3.60~3.80GHz 대역 경매사례

영국 Ofcom은 2021년 3월 700MHz 대역과 3.60~3.80GHz 대역의 주파수 200MHz 폭 공급을 위한 경매를 진행하였다[10]. 공급 주파수량은 700MHz 대역 80MHz 폭, 3.60~3.80GHz 대역 120MHz 폭이며, 경매에는 영국의 4개 이동통신사업자가 모두 참여하였다.

#### 가. 경매방식 및 세부 입찰규칙

경매 프로세스는 미국 경매와 유사하게 1단계(Primary Stage)에서 할당 대역폭을 결정하고 2단계(Assignment Stage)에서 할당 대역의 위치를 결정한다. 하지만, 1단계의 입찰방식은 SMRA, 2단계의 입찰방식은 밀봉입찰을 활용하였다. SMRA는 특정 주파수 블록에 오름입찰하는 방식이지만, 영국 경매에서는 이를 무기명 블록에 적용하여 오름입찰을 통해 낙찰받는 블록 수를 결정하고, 이후 할당 대역의 위치를 결정하는 방식을 활용하였다. 해당 라운드에서 새로운 입찰이 없거나, 입찰하지 않고 다음 라운드로 진행되는 waiver(최대 3번까지 허용)가 없는 경우 경매를 종료한다. 최종 라운드의 가장 높은 입찰금액이 1단계의 낙찰금액으로 결정된다. 2단계는 단일 라운드, 밀봉입찰로 진행하며, 낙찰금액은 차가낙찰로 결정된다. 1단계의 낙찰자 모두 연속된 대역을 할당받을 수 있도록 Ofcom이 위치옵션을 제시, 입찰자는 원하는 위치에 입찰하여 입찰금액의

합이 가장 높은 옵션이 승리옵션으로 결정된다.

#### 나. 주파수 할당조건

Ofcom은 2013년 이후 영국의 주파수 경매에서 적용되어 온 37%rule을 이번 경매에서도 준용하여 대역별 총량제한을 부과하였다. Ofcom은 1) 시장 집중도 하락, 2) 낮은 서비스 가격, 3) 높은 이용자 만족도, 4) 지속적으로 감소하는 ARPU 등 네 가지를 근거로 영국 이동전화 시장이 경쟁적 상황이라고 판단하였으며, 이는 2013년 이후 주파수 경매에 적용되어온 37%rule의 경쟁 촉진효과로 보았다. 이에 따라 각 사업자는 이번 경매를 포함하여 할당받은 주파수의 총량이 416MHz 폭을 초과할 수 없게 되었다. 또한, 주파수의 연속성 확보를 위해, 낙찰받은 대역폭이 20MHz 이하인 경우, 2단계에서 공급 대역의 최상단 또는 최하단에만 입찰 가능하도록 제한 조건을 부과하였다. 할당 대역의 위치가 결정된 이후에도, 2개 이상의 사업자가 동의하는 경우 한해 4주간 협상을 통해 할당 대역의 위치를 교환할 수 있는 기회도 부여하였다. 이동통신사업자 간의 네트워크 인프라 공유를 위한 'Shared Rural Network' 프로그램 참여 등을 통해 이동통신사업자의 자발적인 커버리지 확대 노력이 있음을 고려, 별도의 망 구축 의무는 부과하지 않았다. 공급 대역의 서비스 및 기술중립성을 보장하였으며, 면허 기간은 20년이다.

#### 다. 경매 결과

경매의 최저 경쟁가격은 표 5와 같다[11]. 700MHz 대역 중 FDD(Frequency Division Duplex) 대역 60MHz 폭은 공급 블록당 1억 파운드, SDL(Supplemental Down Link) 대역 20MHz 폭은 공급 블록당 100만 파운드, 3.60~3.80GHz 대역은 공급 블록당 2천만 파운드이다. 전체 최저 경쟁가격은 10억 8,400만

표 5 영국 경매 주파수 대역별 최저 경쟁가격

대역	대역폭 (MHz)	Lot 수 (개)	최저 경쟁가격 (백만 £)	
700MHz	60(FDD)	6	100	1,084
	20(SDL)	4	1	
3.60~3.80GHz	120	24	20	

출처 Reproduced from [11].

파운드이다.

경매는 2021년 3월 10일에 시작하여 2021년 3월 17일 1단계 종료(11라운드 종료), 2단계는 2021년 3월 22일에 시작되어 당일 종료되었으며, 이후 할당 대역의 위치 교환을 위한 4주간의 협상 기간을 거쳐 2021년 4월 27일 경매가 종료되었다. 최종 낙찰 가격은 13억 7,940만 파운드(원화 약 2조 1,353억 원; 2021년 4월 27일 원-파운드 고시환율 기준)를 기록하였다.

사업자별 할당 대역폭 및 낙찰가격은 표 6과 같다. 사업자별 할당 대역폭은 EE, Telefonica, Vodafone, Three 순이며, 700MHz 대역은 EE가 가장 많은 40MHz 폭, 3.60~3.80GHz 대역은 Three를 제외

한 3개 사업자가 각각 40MHz 폭을 확보하였다. 가장 많은 금액을 지불한 사업자는 EE이며, 그다음으로 Telefonica, Three, Vodafone 순이었다.

라. 시장 경쟁상황의 변화

이번 경매는 2018년 3.40~3.60GHz 대역 주파수 경매에 이어 두 번째로 진행된 5G 서비스용 주파수 경매로, 두 번의 경매를 통해 공급된 주파수는 총 350MHz 폭이다. 5G 서비스용 주파수를 포함하여 각 이동통신사업자별 주파수 할당현황은 표 7과 같다. 2021년 경매 이전까지 할당된 주파수의 이동통신사업자별 보유비중은 1위 사업자인 EE가 32.2%로 가장 많았고, 다음으로 Three, Vodafone, Telefonica 순이었다. 2021년 경매 이후 주파수 보유비중은 EE가 33.6%로 가장 많고, 다음으로 Vodafone, Three, Telefonica 순이었다. 5G 서비스용 주파수만을 고려한 보유비중은 4위 사업자인 Three가 34.0%로 가장 높고, 다음으로 EE, Telefonica, Vodafone 순이었다.

영국 이동전화 서비스 시장점유율 추이는 표 8과 같다. 2010년 이후 1위 사업자인 EE의 시장점유율

표 6 영국 700MHz, 3.60~3.80GHz 대역 주파수 경매결과

사업자	할당 대역폭(MHz)		낙찰가격(백만 £)			
	700MHz	3.60~3.80GHz	700MHz		3.60~3.80GHz	
			대역	위치	대역	위치
EE	20 (FDD)	40	280	23	168	비공개
	20 (SDL)		4			
Three	20 (FDD)	-	280	0	-	
Telefonica	20 (FDD)	40	280	0	168	
Vodafone	-	40	-	0	176.4	

출처 Reproduced from [11].

표 7 영국의 주파수 할당현황

(단위: MHz)

주파수 대역		MNO			
		EE	Three	Telefonica	Vodafone
'21년경매 이전	3.40~3.60GHz	40	60	40	50
	3.60~3.80GHz	-	80	-	-
	전체	295 (32.2%)	229.5 (25.0%)	166.4 (18.2%)	226 (24.6%)
'21년경매 이후	700MHz	40	20	20	-
	3.40~3.60GHz	40	60	40	50
	3.60~3.80GHz	40	80	40	40
	전체	375 (33.6%)	249.5 (22.3%)	226.4 (20.3%)	266 (23.8%)

출처 Reproduced from [11].

표 8 영국 이동전화 서비스 시장점유율

(단위: %)

MNO	연도				
	2010	2014	2018	2019	2021
EE	37.6	32.5	31.4	30.9	31.3
Three	7.2	9.7	13.0	13.3	12.9
Telefonica	30.9	33.5	34.2	34.1	34.9
Vodafone	24.4	24.4	21.5	21.6	20.9

출처 Telegeography, 무단 전재 및 재배포 금지 [9].

이 지속적으로 감소하고 4위 사업자인 Three의 시장점유율이 지속적으로 증가하여, HHI(Hirschman-Huffindhal Index)가 2010년 3015.77에서 2014년 2867.95, 2021년 2800.92로 감소함에 따라 더욱 경쟁적인 시장으로 변화하였음을 알 수 있다.

#### 마. 소결

이동통신사업자별 주파수 보유현황과 시장점유율 추이 등으로 미루어볼 때, 향후 영국 이동전화서비스 시장은 경쟁이 더욱 활발해질 것으로 예상된다. 이는 Ofcom이 언급한 바와 같이 2013년 주파수

경매부터 적용되어온 37%rule을 통해 사업자별 할당 주파수 총량을 제한하고, 이를 통해 사업자별로 서비스 제공에 필요한 최소한의 대역폭 확보 보장 및 특정사업자로의 주파수 쏠림현상을 방지한 것에 기인하는 것으로 볼 수 있다.

#### 4. 덴마크 다중 대역 경매사례

덴마크 에너지청(Danish Energy Agency)은 2021년 3월 1.50GHz, 2.10GHz, 2.30GHz, 3.50GHz, 26GHz 등 다섯 개 대역의 주파수 3,490MHz 폭의

표 9 덴마크 경매 공급 주파수 대역별 공급

대역	카테고리	대역폭(MHz)	블록수
1.50GHz(SDL)	1.5-B	25	1
	1.5-M	40	8
	1.5-T	25	1
2.10GHz(FDD)	2.1-D	60	6
	2.1-U	60	6
2.30GHz(TDD)	2.3-U	40	2
3.50GHz(TDD)	3.5-D (3.50GHz)	240	3
	3.5-D (26GHz)	1,200	3
	3.5-P	60	1
	3.5-U	80+ $\alpha$	8~24
26GHz(TDD)	26-U	1,650+ $\alpha$	8~14

출처 Reproduced from [13].

공급을 위한 경매를 진행하였다[12]. 경매에는 덴마크의 4개 이동통신사업자가 모두 참여하였다(Teleor와 Telia는 합작벤처인 TT-Network를 구성하여 경매에 참여). 주파수 대역별 공급량은 표 9와 같다[13].

### 가. 경매방식 및 세부 입찰규칙

경매 프로세스는 크게 다섯 단계로 구성되며, 입찰방식은 밀봉입찰과 CMRA 방식을 혼용하였다. 각 단계별 입찰방식 및 세부 활동규칙은 표 10과 같다. 먼저 1단계에서는 커버리지 대역인 2.10GHz 대역과 3.50GHz 대역, 26GHz 대역 일부에 대한 경매를 밀봉입찰로 진행한다. 1단계에서 낙찰되지 않은 블록은 3, 4단계에서 다시 경매하며 이 경우 최저 경쟁가격을 동 대역의 카테고리 U와 동일하게 조정한다. 2단계에서는 카테고리 2.1-D 대역의 위치를 경매하며, 조합 밀봉입찰로 진행한다. 3, 4단계에서는 1단계에서 낙찰되지 않은 주파수 블록과 1.50GHz, 2.30GHz, 26GHz에 대한 경매를 진행하며 입찰방

표 10 덴마크 경매 단계별 세부 입찰규칙

단계	입찰방식	입찰규칙
1	밀봉입찰	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.1-D, 3.5-D 카테고리 경매</li> <li>• 카테고리별로 1개 블록만 입찰 가능</li> <li>• 모든 입찰자가 최소 1개 블록을 낙찰받는 경우 낙찰가는 최저 경쟁가격(그렇지 않은 경우 입찰금액 중 최고가)</li> </ul>
2	조합 밀봉입찰	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모든 입찰자는 1개 위치에만 입찰 가능</li> <li>• 입찰금액의 합이 가장 큰 경우가 승리</li> <li>• 입찰로 결정, 낙찰금액은 차가낙찰방식으로 결정</li> </ul>
3	CMRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.5-B/M/T, 2.1-U, 2.3-U, 3.5-U 블록과 1단계에서 낙찰되지 않은 블록을 경매</li> <li>• 무기명 블록에 대한 패키지 입찰</li> </ul>
4		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1단계에서 낙찰되지 않은 3.5-D 카테고리 26GHz 주파수 경매</li> </ul>
5	조합 밀봉입찰	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3, 4단계 할당 대역의 위치 경매</li> <li>• 모든 입찰자의 연속대역 할당 보장</li> </ul>

출처 Reproduced from [13].

식은 CMRA를 준용한다. CMRA는 무기명 블록에 대한 패키지 입찰을 하며, 입찰자별로 상호 배타적인 입찰을 가능하게 하여 최소한 1개 이상의 패키지를 낙찰받을 수 있도록 하는 경매방식이다. 5단계에서는 3, 4단계에서 낙찰된 블록에 대한 위치경매를 밀봉입찰로 진행한다.

### 나. 주파수 할당조건

덴마크 주파수 경매의 할당조건 중 가장 큰 특징은 핵심대역에서 입찰자별로 최소한의 대역폭을 낙찰받는 것을 보장함과 동시에, 주파수 총량제한을 함께 적용하였다는 점이다. 입찰자별 최소한의 대역폭 낙찰을 유도하기 위해, 커버리지 대역인 2.10GHz 대역과 3.50GHz 대역의 1단계 경매에서 카테고리별로 1개 블록만 입찰하도록 제한하고, 모든 입찰자가 최소 1개 블록을 낙찰받는 경우 최저 경쟁가격으로 낙찰가를 결정하였다. 각 대역별 주파수 총량제한 기준은 표 11과 같다.

표 11 덴마크 경매 공급 주파수 대역별 총량제한 기준

대역	총량 제한 기준	
	대역폭(MHz)	블록 수
1.50GHz-M	40	4개
2.10GHz	50	4개(2.1-D/2.1-U 합산)
3.50GHz	160	-

출처 Reproduced from [13].

이와 함께, 2019년 제정한 ‘the Masts Act’에 따라 [12], 효율적 이동통신 커버리지 확보를 위해 주파수 할당 사업자에게 이동통신용 기지국의 제3자에 대한 공유 의무를 부과하였으며, 핵심 커버리지 대역인 2.10GHz, 3.50GHz 대역에 대해서는 별도의 망 구축 의무와 망 임대 의무를 부과하였다. 이를 통해 교외지역의 이동통신 커버리지를 확대하고 5G 사설망 구축을 촉진하고자 하였다. 모든 공급대역은 서비스 및 기술중립성을 보장하며, 면허 기간은 20년이다.

#### 다. 경매 결과

공급 대역별 최저 경쟁가격은 표 12와 같다. 핵심 커버리지 대역인 3.5-D 카테고리의 최저 경쟁가격이 7,500만 크로네이며, 2.1-D 카테고리의 경우 최저 경쟁가격이 0크로네인 것이 특징이다.

경매는 2021년 3월 11일에 시작하여 2021년 4월

표 12 덴마크 경매 공급 주파수 대역별 최저 경쟁가격

대역	카테고리	블록당 최저 경쟁가격 (백만 크로네)
1.50GHz	1.5-B/M/T	10
2.10GHz	2.1-D	0
	2.1-U	25
2.30GHz	2.3-U	50
3.50GHz	3.5-D	75
	3.5-P/U	25
26GHz	26-U	5

출처 Reproduced from [13].

21일 종료되었으며, 최종 낙찰금액은 20억 7,600만 크로네(원화 약 3,740억 원; 2021년 4월 21일 원-크로네 고시환율 기준)이다. 사업자별 할당 대역폭 및 최종 낙찰가격은 표 13과 같다. 전체 할당 대역폭의 크기는 TDC, Hi3G, TT-Network 순이나, 커버리지 대역인 2.10GHz 대역과 3.50GHz 대역은 각 사업자에 비교적 고르게 할당이 이루어졌다. 최종 낙찰가격은 TDC, TT-Network, Hi3G 순으로 나타났다.

#### 라. 시장 경쟁상황의 변화

이번 경매는 2019년 700MHz, 900MHz, 2.30GHz 대역 주파수 경매에 이어 덴마크에서 두 번째로 진행된 5G 서비스용 주파수 경매이다. 2019년과 2021년 두 번의 경매를 통해 공급된 5G 서비

표 13 덴마크 주파수 경매결과

사업자	주파수 대역별 할당폭(MHz)					낙찰금액 (1억 크로네)
	1.50GHz	2.10GHz	2.30GHz	3.50GHz	26GHz	
TDC	45	40	40	130	1,250	7.94
Hi3G	-	40	-	120	1,000	5.41
TT-Network	45	40	-	140	600	7.41
합계	90	120	40	390	2,850	20.76

출처 Reproduced from [13].

표 14 덴마크의 5G 서비스용 주파수 할당현황

MNO	대역				
	700MHz (FDD)	900MHz (FDD)	2.30GHz	3.50GHz	26GHz
TDC	20	20	60	130	1,250
	20(SDL)				
Hi3G	20	20	40	120	1,000
TT-Network	10	20	-	140	600
합계	70	60	100	390	2,850

출처 Reproduced from [13].

사용 주파수는 총 3,470MHz 폭이며, 26GHz 대역을 제외한 나머지 대역에서의 사업자별 할당폭은 TDC, Hi3G, TT-Network 순이다. 특히, 5G 서비스용 핵심 주파수 대역인 700MHz, 3.50GHz 대역의 사업자별 할당폭은 TDC, Hi3G, TT-Network가 각각 160MHz, 150MHz, 150MHz 폭으로 동등한 수준인 것으로 나타났다. 사업자별 주파수 대역별 할당폭은 표 14와 같다.

5G 서비스용 주파수를 최초로 공급한 2019년 이후의 덴마크 이동전화서비스 시장점유율 추이는 표 15와 같다. 2021년 말 기준 TDC가 41.4%로 점유율이 가장 높고, 그다음으로 Telenor, Hi3G, Telia 순으로 나타났다. 덴마크의 5G 서비스는 2020년 9

월 TDC가 최초로 상용화하였으며, 나머지 사업자들도 2020년말까지 상용화를 마무리하였다. 2020년 12월 기준 TDC의 5G 서비스 가입자가 5만여 명 수준이다[14].

마. 소결

덴마크는 두 번의 주파수 경매를 통해 5G 서비스용 주파수를 공급하였으며, 핵심 대역인 700MHz, 3.50GHz 대역에서는 사업자별로 동등한 수준의 대역폭 할당을 완료하였다. 이는 서비스 제공에 핵심적인 역할을 하는 커버리지 대역에서 최소한의 대역폭 할당 보장함과 동시에 주파수 총량제한을 통해 사업자별 주파수 할당폭의 차이를 최소화하고자 한 것에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 또한, 두 번의 경매를 통해 상당히 많은 양의 주파수를 공급했음에도 불구하고, 최종 낙찰가는 42억 6,900만 크로네, 원화 약 7,691억 원 수준(2021년 4월 21일 원-크로네 고시환율 기준)으로 타 국가 대비 상당히 낮다. 이는 최종 낙찰가격의 결정을 차가낙찰 방식을 활용한 것에 기인하는 것으로, 사업자의 할당대가 부담을 낮추어 망 구축을 촉진하기 위한 목적이 있는 것으로 볼 수 있다.

표 15 덴마크 이동전화 서비스 시장점유율

(단위: %)

사업자	연도			
	2018	2019	2020	2021
TDC	42.8	42.4	41.1	41.4
Telenor	23.3	22.7	23.0	23.7
Telia	17.0	16.7	17.2	16.1
Hi3G	16.5	17.6	18.0	18.2

출처 Telegeography, 무단 전재 및 재배포 금지 [9].

### III. 결론

본고는 국내 3.70~4.00GHz 대역의 주파수 공급을 위한 합리적인 할당방식(안) 수립을 위한 고려사항 및 시사점 도출을 위해 동일한 대역의 해외 5G 주파수 경매사례를 경매방식과 주파수 할당조건, 경매결과 및 시장 경쟁상황 변화의 관점에서 심층 분석하였다.

2021년 미국, 영국, 덴마크에서 이루어진 5G 서비스용 주파수 경매사례를 심층분석한 결과, 주요 특징과 이에 따른 정책적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 서비스 경쟁에 필수적인 최소한의 주파수 대역폭의 확보를 보장하였다는 점이다. 미국, 영국, 덴마크 모두 공통적으로 주파수 총량제한을 설정, 특정 사업자로의 주파수 쏠림현상을 사전에 방지하고자 하였다. 특히, 덴마크의 경우는 서비스 제공에 필수적인 핵심 커버리지 대역에 한해서는 최소한의 주파수 대역폭을 확보할 수 있도록 입찰 규칙을 수립하였다. 경매 결과를 살펴보면, 미국은 3개 이동통신사업자 이외에 대형 지역 통신사업자들이 다수의 면허를 확보하였고, 영국과 덴마크 또한 특정 사업자로의 주파수 쏠림은 발생하지 않았다. 오히려, 영국의 경우는 하위 사업자가 더 많은 5G 서비스용 주파수를 할당받았으며, 덴마크는 핵심 대역의 할당량은 모든 이동통신사업자가 동등한 수준이었다. 국내의 경우, 과거 경매에서 총량제한이 적용된 사례가 있기는 하지만, 이를 통한 사업자 간 주파수 보유량의 비대칭을 근본적으로 해결하지는 못하였다. 때문에, 주파수를 적게 확보한 사업자는 서비스 경쟁에서 열위에 놓일 수밖에 없었다. 이러한 점을 고려할 때, 새로 도입되는 신규 서비스에 한해서는 서비스 제공에 필요한 최소한의 대역폭을 확보할 수 있도록 관련 법·제도의 개선 논의가 필요하다.

둘째, 주파수 대역의 연속성을 보장하였다는 점

이다. 세 국가 모두 입찰자별로 할당받는 대역폭이 결정된 이후, 위치를 결정하는 단계에서 연속된 대역을 할당받을 수 있도록 규제기관이 위치옵션을 제시하고, 입찰자는 원하는 위치옵션에 입찰하도록 하였다. 특히, 영국의 경우는 위치경매가 종료된 이후에도 둘 이상의 사업자 간 협의에 따라 할당된 위치를 맞교환할 수 있도록 4주간의 유예 기간을 부여하고, 그 이후 경매 프로세스를 종료하도록 하였다. 국내의 경우 2018년 5G 서비스용 주파수 경매에서 모든 사업자가 연속된 대역을 확보하였으나, 3.70~4.00GHz 대역의 경우 어느 위치의 주파수 블록을 확보하는가에 따라 사업자별 유·불리가 발생할 개연성이 크다. 5G 서비스 이용자가 가장 중요하게 생각하는 요소 중 하나가 데이터 전송속도임을 고려할 때, 5G 단독모드(Stand Alone)로의 전환 이후에는 연속된 광대역 주파수의 보유 여부는 서비스 경쟁에서 더욱 중요한 요소가 될 가능성이 크다. 따라서, 추후 5G 서비스 경쟁 활성화를 위해서는 모든 이동통신사업자가 동등한 수준의 연속광대역을 확보할 수 있는 방안, 또는 연속광대역을 확보하지 못한 사업자 간의 주파수 공유 허용 등 다양한 방안에 대한 논의가 필요하다.

마지막으로, 서비스 커버리지 확대를 촉진하기 위한 의무사항을 부과한 점이다. 미국은 서비스별로 서비스 성능 목표치를 달성해야 하는 성능 의무를 부과하였으며, 덴마크는 교외 지역에서의 음성 및 데이터 서비스 제공 및 5G 서비스 제공을 의무화하고, 사업자 간 기지국 공유를 법으로 의무화하고 있다. 영국의 경우 별도의 의무사항을 부과하지는 않았으나, 사업자 간 자발적인 네트워크 인프라 공유를 유도하여 커버리지 확대를 촉진하는 수단으로 활용하고 있다. 국내의 경우 2019년 '농어촌 5G 공동이용 계획'을 통해, 5G 커버리지 확대를 촉진하기 위해 사업자 간 네트워크를 공유하는 정책을 발

표하였다[15]. 그러나 이는 정부와 사업자 간 협의에 의한 것으로, 네트워크 인프라 공유에 대한 법제화, 사업자 간 자발적인 인프라 공유 참여를 유도할 수 있는 방안 등에 대한 논의가 이루어져야 할 시점이다.

**용어해설**

**5G 단독모드** 5G 이동통신 기지국 설비에 더해, 5G 이동통신용 코어망까지 새로운 5G 표준에 기반한 새로운 시스템으로 대체하는 기술로, 현재 사용되는 비단독모드(4G망과 5G망을 혼용)에 비해 속도, 지연시간 등 성능이 크게 향상

**약어 정리**

CMRA	Combinatorial Multi-Round Ascending
FDD	Frequency Division Duplex
PEA	Partial Economic Areas
SDL	Supplemental Down Link
SMRA	Simultaneous Multi-Round Ascending
TDD	Time Division Duplex

**참고문헌**

- [1] 과학기술정보통신부, “무선통신서비스 가입현황(2022년 3월 기준),” 2022. 5. 3.
- [2] 과학기술정보통신부, “무선통신 트래픽 현황(2022년 3월 기준),” 2022. 5. 3.
- [3] 유지은, 이성준, “최근 국내 이동통신 서비스 이용행태 분석,” 전자통신동향분석, 제37권 제2호, 2022.
- [4] 머니투데이, “LGU+ 왼쪽만? 우리 오른쪽도…SKT, 5G 추가 경매 요청,” 2022. 1. 25.
- [5] 전자신문, “통신사 위성센터 소재지 3.7~4.0GHz 대역 '5G 클린존' 설정,” 2021. 10. 17.
- [6] <https://5gobservatory.eu/>
- [7] <https://www.fcc.gov/>
- [8] FCC, “Auction of flexible-use service licenses in the 3.45–3.55 GHz band for next-generation wireless services,” DA 21–655, 2021.
- [9] TeleGeography Globalcomms Database.
- [10] Ofcom, “Award of the 700 MHz and 3.6–3.8 GHz spectrum bands: Information memorandum,” 2020.
- [11] <https://www.ofcom.org.uk/>
- [12] Danish Energy Agency, “Information memorandum: 1500MHz, 2100MHz, 2300MHz, 3.5GHz and 26GHz auction,” 2021.
- [13] <https://www.ens.dk/>
- [14] RCRWireless, “TDC completes 5G network deployment in Denmark,” 2020. 12. 2.
- [15] 과학기술정보통신부, “농어촌 5세대(5G) 공동이용 계획,” 2021. 4. 15.