

# KISDI

## Premium Report

4차 산업혁명 기획시리즈

### 5G 초고대역 주파수 공급을 위한 주파수경매 동향 및 시사점

김득원/김희천

정보통신정책연구원 연구위원/부연구위원



정보통신정책연구원  
KOREA INFORMATION SOCIETY DEVELOPMENT INSTITUTE

4차 산업혁명 기획시리즈

### 5G 초고대역 주파수 공급을 위한 주파수경매 동향 및 시사점

김 득 원 / 정보통신정책연구원 연구위원

김 희 천 / 정보통신정책연구원 부연구위원

요약문 .....	1
1. 서론 .....	2
2. CCA(Combinatorial Clock Auction) .....	4
3. CMRA(Combinatorial Multi-Round Auction) .....	9
4. 미국 인센티브 경매(순경매) .....	12
5. 시사점 .....	16

## 5G 초고대역 주파수 공급을 위한 주파수경매 동향 및 시사점

### 요약문

주파수 경매는 한정된 국가자원인 주파수를 효율적으로 배분함으로써 주파수의 최대가치를 실현하고 사회후생을 극대화하고자 도입된 이후 전 세계적으로 보편적인 주파수 할당방법으로 운용되고 있다. 미국 FCC가 동시오름입찰(Simultaneous Multi-Round Ascending Auction) 방식의 주파수 경매를 도입한 이후 현재는 대부분의 OECD 국가에서 주파수 경매를 시행하고 있다. 2010년대 전후로는 이동통신 기술발전에 따라 4G LTE용 광대역 주파수에 대한 수요가 제기됨에 따라 각국에서는 이를 위한 주파수 경매가 시행된 바 있다.

향후 5G는 기존에 이동통신용으로 활용하고 있지 않았던 초고대역에서 더욱 넓은 대역폭의 주파수를 활용함으로써 성능을 향상시키고자 기술개발 및 표준화가 진행되고 있다. 따라서 5G의 성능목표를 제대로 구현할 수 있도록 이에 부합하는 주파수 대역 및 대역폭을 공급하고 사업자가 확보하여 이용할 수 있도록 주파수 경매를 설계하는 것이 중요한 이슈로 대두될 것으로 보인다.

사업자마다 필요한 주파수 양을 확보할 수 있도록 하면서도 최대한 인접한 대역을 할당할 수 있도록 하는 무기명(generic) 블록 경매방식에 대한 검토가 필요할 것으로 생각된다. 2010년대 이후 LTE 주파수 경매에 활용되었던 CCA(Combinatorial Clock Auction)를 그 대표적인 예로 들 수 있다. 최근 들어 새로운 무기명 블록 경매방식이 연구되어 도입되고 있는 추세이다. CCA의 변형된 형태인 CMRA(Combinatorial Multi-Round Auction)가 최근 개발되어 덴마크에서 시행된 바 있으며, 미국에서 시행된 인센티브 경매(Incentive Auction)의 순경매(forward auction) 규칙도 오름방식으로 무기명 블록을 경매하는 방식의 하나다. 본 고에서는 무기명 블록 경매의 여러 방식을 살펴보고 향후 5G 초고대역 주파수 경매를 위한 시사점을 도출하고자 한다.

#### 김득원

정보통신정책연구원 연구위원

\*dwkim@kisdire.kr, 043-531-4220

\*서울대학교 물리학과 학사

\*미 University of Illinois at Urbana-Champaign 경제학 박사

\*현 정보통신정책연구원 통신전파연구실

#### 김희천

정보통신정책연구원 부연구위원

\*heechunkim@kisdire.kr, 043-531-4221

\*연세대학교 경제학과 학사

\*미 Washington University in St. Louis 경제학 석/박사

\*현 정보통신정책연구원 통신전파연구실

## 1. 서론

- 주파수 경매는 한정된 국가자원인 주파수의 효율적 배분을 통해 주파수의 최대가치를 실현하고 사회후생을 극대화하고자 하는 목적
  - 정보의 비대칭성 하에서 비교심사(bauty contest)방식보다는 시장원리를 통해 주파수 이용주체 및 대가를 결정하는 것이 바람직하다는 전제
  - 가격경쟁(입찰)을 통해 대가 산정 및 사업자 선정과정의 투명성과 공정성을 제고하는 효과
- 대부분의 OECD 국가 등 전 세계적으로 주파수 할당방법으로 경매제를 채택하여 운용
  - 1989년 뉴질랜드에서 처음으로 시행된 이후 1994년 미국에서 PCS 주파수 경매를 성공적으로 치른 것이 계기가 되어 유럽 등 많은 국가들이 2000년대 초 IMT-2000(3G) 주파수 할당 시 경매제를 본격적으로 도입
  - 이후 각국은 800MHz(유럽DTV 전환대역) 등 기존 대역의 정비를 통해 확보한 주파수와 2.6GHz 등 LTE용 신규 주파수 등을 2010년대 까지 추가적으로 경매를 통해 공급
- 국가별로 주파수 공급의 정책목표, 시장상황 및 공급대역/대역폭 등에 따라 자국 환경에 적합한 주파수 경매방식을 도입하여 시행
  - 미국을 중심으로 동시오름입찰(SMRA: Simultaneous Multi-Round Ascending Auction) 방식이 도입된 이후 많은 국가에서 시행되어 왔음
  - 미국, 호주 등 국토면적이 넓은 국가에서는 전국 단일 면허보다는 지역 단위의 면허를 대상으로 경매를 실시
  - 최근에는 이동통신 기술발전에 따라 네트워크 고도화를 위해 기존 legacy 서비스의 파편화된 주파수를 재배치하고 광대역화하여 공급하는 추세

- 2010년 전후로 무기명(generic)블록의 개수 및 위치를 차례대로 정함으로써 연속된 주파수 이용이 가능하도록 CCA(Combinatorial Clock Auction) 방식이 개발되어 도입
- 최근에는 CCA를 발전적으로 보완하고자 하는 CMRA(Combinatorial Multi-Round Auction) 방식과 새로운 방식의 무기명(generic)블록 경매 등이 도입된 바 있음
- 우리나라는 2010년 전파법 개정을 통해 주파수 경매제의 법적 근거를 마련하였으며, 2011년, 2013년, 2016년 3차례의 주파수 경매를 시행
  - 전파법 제11조는 대가에 의한 주파수할당은 경매를 원칙으로 하되, 경쟁적 수요가 없는 등 특별한 사정이 있는 경우에만 정부가 산정한 대가에 의해 할당할 수 있도록 규정
  - 경매방식은 동시오름입찰을 기본으로 밀봉입찰을 혼합하여 시행하는 등의 방식으로 설계되었으며, 2013년에는 밴드플랜을 경매로 결정하는 새로운 방식 도입
  - 주파수 파편화를 방지하고 효율적인 이용이 가능하도록 경매 시 최대한 광대역 블록을 사전적으로 구성하여 공급
- 5G는 기존에 이동통신을 제공하지 않았던 3GHz 이상의 초고주파 대역에서 넓은 대역폭의 주파수를 이용하여 서비스가 제공될 것으로 전망
  - 신규 대역 공급에 있어서 사업자 선택에 따라 필요한 양을 확보할 수 있으며 인접한 광대역으로 활용할 수 있도록 하는 무기명(generic) 블록 경매방식에 대한 고려가 필요할 것으로 판단
  - 이에 CCA, CMRA 등 무기명(generic) 블록 경매방식의 개요 및 특징을 살펴보고 시사점을 얻고자 함

## 2. CCA(Combinatorial Clock Auction)

### ◆ 동시오름입찰 방식의 특징 및 CCA 도입배경

- 동시오름입찰(SMRA) 방식은 여러 라운드를 거쳐 단계적으로 가격을 올려서 최고가 입찰자를 낙찰자로 선정하는 방식으로, 미국 FCC에서 최초로 채택하여 시행하는 등 널리 활용되어 왔음
  - 입찰자는 각각의 상품에 입찰하여야 하는데, 라운드가 진행됨에 따라 개별 상품의 상대적인 가격이 달라지고 이에 따라 상품에 대한 수요를 변경하여 계속적으로 입찰
  - 모든 상품에 더 이상의 입찰이 진행되지 않을 경우 경매가 종료되며 최종 입찰액이 낙찰가로, 최종 입찰자가 낙찰자로 결정됨
- 경매방식이 단순하여 입찰자들이 이해하기 쉽고, 입찰액 정보가 축적됨에 따라 상품에 대한 불확실성이 감소하는 등 가격탐색이 가능
- 하지만, 배분과 가격을 동시에 결정하는 방식으로 진행됨에 따라 지리한 입찰경쟁이 발생하여 경매 종료 시까지 많은 시간과 비용이 소요될 우려
  - 또한, 자금력 우위 사업자에게 상대적으로 유리한 측면 존재
  - 입찰자가 여러 상품(인접한 주파수)을 낙찰 받고자 하더라도 개별 상품에 입찰하여 승자가 되어야 하기 때문에, 실패하는 경우 주파수 파편화가 발생할 수 있음
- 한편, 4세대 LTE 기술이 개발되고 서비스가 도입되면서 망구축 및 운용에 있어서 더욱 효율적인 단방향 최대 20MHz폭의 광대역 주파수에 대한 요구가 높아짐
  - 유럽 등 해외 주요국의 경우 주파수 경매 시 2×5MHz폭(FDD)으로 블록을 구성하여 공급함으로써 사업자 선택에 따라 필요 주파수를 확보할 수 있도록 하였는데,

- 주파수 파편화로 인한 경제적, 기술적 효율성 훼손을 우려하여 최대한 광대역화하여 이용할 수 있도록 하는 경매방식을 개발하여 도입

## ◆ CCA(Combinatorial Clock Auction)

- 동시오름입찰의 개별 상품에만 입찰함에 따른 문제점을 보완하고자 CCA는 낙찰 받을 블록 수와 대역의 위치를 차례대로 결정
  - 1단계(Principal Stage)에서 낙찰 받을 블록 수, 2단계(Assignment Stage)에서 대역의 위치를 각각 경매를 통해 결정
  - 2008년 영국에서 최초로 시행된 이후 유럽, 캐나다, 호주 등에서 주파수 경매 시 활용되었음
- 1단계(Principal Stage) 경매는 Primary round와 Supplementary round를 순차적으로 시행
  - Primary round: 경매인(auctioneer)이 라운드마다 공시하는 블록당 가격에 대해 입찰자는 대역별로 몇 개의 상품을 원하는지 입찰하고, 경매인은 각 라운드 종료 시 전체 입찰수량(aggregate demand)을 공시하고 초과수요가 발생하지 않을 때까지 라운드를 계속 진행
  - Supplementary round: 입찰자는 자신이 Primary round에서 입찰했던 결과를 바탕으로 상품묶음(package)별로 최종 가격을 밀봉입찰하게 되며, Primary round의 최종 라운드에서 입찰했던 상품묶음을 제외한 다른 상품묶음에 대해서는 입찰할 수 있는 가격에 제한이 있음<sup>1)</sup>
  - 입찰자들의 입찰액을 기준으로 경매 대상 상품의 입찰액 합계가 최대가 되는 조합으로 낙찰자가 결정됨

1) 이는 입찰자가 가장 선호하는 상품묶음에 Primary round부터 진실되게 입찰하도록 유도하기 위한 장치임. 예를 들어 relative cap으로 제한하는 방식은 입찰자가 primary round 중 다른 상품묶음에 대해 입찰이 가능했던 eligibility를 가졌던 마지막 라운드에서의 가격차이 이상으로 supplementary round에서의 입찰액을 높이지 못하도록 하는 것임

- 낙찰가는 변형된 차가낙찰방식(Generalized second price rule, modified Vickery price, minimal core price)으로 결정되며<sup>2)</sup>, 이는 입찰자들의 진실된 입찰을 유도하고 승자의 저주(Winner's curse)를 완화하기 위함임
- 2단계(Assignment Stage) 경매는 1단계에서 결정된 대역별 입찰자의 블록 수의 위치를 결정
  - 규제기관이 낙찰자 수 및 낙찰블록 수를 감안하여 연속된 대역이 확보될 수 있도록 적절한 조합을 제시하고, 각 조합에 대해 밀봉입찰 방식으로 원하는 대역과 가격을 결정
  - 각 조합(낙찰대역의 위치)에 대해 입찰액 합계가 가장 큰 조합을 낙찰 조합으로 선택하며, 가격은 1단계와 마찬가지로 차가낙찰방식을 동일하게 적용

#### ◆ CCA 방식의 주요 이슈

- 경매방식이 상대적으로 복잡하여 입찰자들의 이해도가 떨어질 수 있음
  - 일반적으로 약 3~4개의 사업자만 입찰하는 이동통신시장에서 입찰자들의 전략적 행동에 대한 취약성이 나타날 개연성 존재
  - 차가낙찰방식의 낙찰가 책정으로 인해 기대 수익보다 낮은 가격에 낙찰되는 결과가 발생할 가능성
- 스위스 CCA 사례
  - 2012년 이동통신 주파수 605MHz폭을 CCA방식으로 경매하여 총 9억 9천 6백만 스위스 프랑(약 1.23조 원)의 수익을 거둠
  - 3개 사업자(Swisscom, Orange, Sunrise)가 입찰에 참여하였는데, Sunrise 사는 단위 대역폭 당 경매낙찰가를 경쟁사업자에 비해 2~3배 이상 지불

2) 차가(Second price)는 입찰자가 상품을 낙찰 받지 못하는 경우의 기회비용(opportunity cost)을 지불하는 것임. 예를 들어 단일 상품 경매 시 차가낙찰방식은 입찰자의 입찰액이 낙찰가에 영향을 미치지 않으므로 진실된 입찰을 하는 것이 최선의 전략이 되는 효과 발생



- 이에 Sunrise사는 CCA의 경매규칙(차가낙찰방식 등)이 경쟁자로 하여금 전략적인 입찰을 통해 후발사업자에게 불리하게 작용하였다는 불만을 제기

〈표 1〉 2012년 스위스 주파수 경매 결과

사업자	낙찰 대역폭(MHz)	낙찰가(CHF)	대역폭 당 낙찰가
Swisscom	255	359.8m	1.41m
Orange	160	154.7m	0.97m
Sunrise	160	481.7m	3.01m

대역	Swisscom	Orange	Sunrise	유찰	합계
800MHz	2×10	2×10	2×10	-	2×30
900MHz	2×15	2×5	2×15	-	2×35
1800MHz	2×30	2×25	2×20	-	2×75
2.1GHz	2×30	2×20	2×10	-	2×60
TDD 2.1GHz	-	-	-	20	20
2.6GHz	2×20	2×20	2×25	2×5	2×70
TDD 2.6GHz	45	-	-	-	45

- 주파수 대역 및 FDD/TDD 등 총 10개 카테고리, 60개 블록으로 구성 되어 공급됨에 따라 경매의 복잡성이 크게 증가
- 제한된 입찰자 수에 따라 전략적 입찰을 할 가능성이 존재했으며, 차가(second price) 책정방식으로 인해 가격의 편차가 크게 발생한 사례로 볼 수 있음

#### ● 영국 CCA 사례

- 2013년 800MHz 및 2.6GHz 대역 250MHz폭을 CCA방식으로 경매 하여 총 23억 7천만 파운드(약 4.2조 원)의 수익을 거둠
- 영국 정부는 경매에서 35억 파운드의 수익을 기대하고 2013년도 예산을 편성하였으나, 실제로 경매에서의 최종 수익은 예상보다 낮아짐

- 소수의 입찰자가 존재하고 주파수 블록별 가치가 상이한 경우 차가 (second price)방식의 낙찰가 결정은 이론적인 경우에 비해 실제 가격이 낮게 형성될 수 있음을 보여주는 사례임

〈표 2〉 2013년 영국 주파수 경매 결과

	800MHz		2.6GHz FDD (2×5MHz 14개)	TDD 2.6GHz (1×5MHz 10개)	낙찰가(£)
	2×5MHz 4개 (의무 미부여)	2×10MHz 1개 (의무 부여)			
EE	2×5MHz	—	2×35MHz	—	£589m
O2	—	2×10MHz	—	—	£550m
Vodafone	2×10MHz	—	2×20MHz	1×25MHz	£803m
H3G	2×5MHz	—	—	—	£225m
Niche	—	—	2×15MHz	1×25MHz	£202m
합 계	2×30MHz		2×70MHz	1×50MHz	£2,368m

### 3. CMRA(Combinatorial Multi-Round Auction)

- 기존 CCA 방식의 경매 규칙이 다소 이해하기 어렵다는 지적에 따라 CCA의 1단계(Principal Stage)의 Primary round와 Supplementary round를 단순화하면서도 수요 확인 단계에서의 패키지 입찰이 가능하도록 하려는 목적으로 고안
- CMRA(Combinatorial Multi-Round Auction)는 CCA와 유사하게 무기명 (generic) 블록의 낙찰 블록 수와 위치를 차례대로 결정하는 방식이나, 1단계 경매의 입찰방식이 CCA와 다름
  - 1단계 경매에서 입찰자는 경매인이 공시하는 블록당 가격(clock price)에 대한 수요를 제시할 뿐만 아니라, 원하는 블록 수에 대한 가격 총액 (package bid)을 추가적으로 입찰할 수 있음
  - 즉, CMRA의 1단계는 CCA의 primary round에 supplementary round의 요소를 추가하여 한꺼번에 시행하는 것이라고 볼 수 있음
  - 경매 컨설팅 기관인 DotEcon에 의해 제안되었으며, 2016년 9월 덴마크의 1.8GHz 대역 경매를 통해 최초로 시행된 바 있음
- 1단계 경매에서 각 입찰자는 매 라운드마다 1개의 주요입찰(headline bid)과 여러 개의 추가입찰(additional bid)을 동시에 제시할 수 있음
  - 주요입찰(headline bid)은 각 라운드의 블록당 가격(clock price)에 대해 낙찰받고자 하는 블록 수요를 제기하는 것
  - 추가입찰(additional bid)은 패키지(총 블록 개수와 총액) 형식으로 제시할 수 있으며, 추가입찰 시 블록당 가격은 해당 라운드의 clock price보다 낮고 유보가격(reserve price) 이상이어야 함
  - 라운드에서 제시된 입찰의 조합이 경매 종료조건을 만족하지 않으면 다음 라운드로 진행

- 특정 라운드에서 경매 종료조건이 만족되면 1단계 경매를 종료하고, 종료조건을 만족하는 각 입찰자의 블록 수와 가격을 낙찰블록 수와 낙찰가로 결정
- 종료조건은 제시된 입찰의 조합이 i) 수요 총합이 공급 블록 수 이하 이고, ii) 수요를 제시한 입찰자의 입찰이 하나씩 포함되며, iii) 입찰액 총액이 최대가 되는 경우임

● 1단계 경매 예시: 입찰자 3명, 공급 블록 수 7개, 유보가격 25

- 1라운드 블록당 가격 30일 때, 각 입찰자가 모두 4개의 주요입찰을 제시한 경우 종료조건을 만족하지 않으므로 다음 라운드로 진행

입찰자	입찰명	입찰 구분	블록 수	총액
A	H1	주요	4	120 (=30×4)
B	H2	주요	4	120
C	H3	주요	4	120

- 2라운드 블록당 가격 31일 때, 다음과 같이 입찰한 경우에는 (3, 2, 2) 조합이 총액 217로 종료조건을 만족하므로 종료

입찰자	입찰명	입찰 구분	블록 수	총액
A	H1	주요	3	93 (=31×3)
	A1.1	추가	4	120
B	H2	주요	2	62 (=31×2)
	A2.1	추가	4	120
C	H3	주요	2	62
	A3.1	추가	4	120

- 2라운드 블록당 가격 31일 때, 다음과 같이 입찰한 경우에는 (3, 2, 2) 조합의 총액이 202로 (4, 2, 0) 조합의 총액 211보다 작으므로 종료 조건을 만족하지 않음

입찰자	입찰명	입찰 구분	블록 수	총액
A	H1	주요	4	124 (=31×4)
	A1.1	추가	3	80
B	H2	주요	2	62 (=31×2)
	A2.1	추가	4	120
C	H3	주요	4	124 (=31×4)
	A3.1	추가	2	60

- 2단계 경매는 CCA의 2단계(assignment stage)와 동일하게 각 입찰자는 1단계에서 결정된 낙찰 블록 수의 세부대역 위치에 대해 밀봉입찰
  - 입찰액 총액이 최대가 되도록 세부대역의 승자를 결정
  - 단, CCA와 다르게 최고가(first price)로 낙찰가를 정함
- 덴마크 경매 사례
  - 2016년 9월 덴마크에서 1.8GHz 대역 130MHz폭을 CMRA의 변형된 방식(커버리지 의무 조건까지 패키지의 일부분으로 포함)을 통해 경매
  - 3개 사업자가 참여하여 총 10억 2,556만 DKK (약 1,704억 원)에 낙찰

〈표 3〉 덴마크 1.8GHz 대역 경매 결과

사업자	대역폭	가격	커버리지 의무
TT-N	2×25MHz	DKK 425,239,229	커버리지 지역 1
TDC	2×20MHz	DKK 300,159,486	커버리지 지역 2
Hi3G	2×20MHz	DKK 300,159,486	커버리지 지역 3
총 계	2×65MHz	DKK 1,025,558,201	

- 하나의 대역을 두 가지 카테고리(Lot A, B)로 구분하여 공급하여 경매의 복잡성이 높지 않은 상황에서 실험적인 경매방식을 도입하여 시행

## 4. 미국 인센티브 경매(순경매)

### ◆ 인센티브 경매 개관

- 미국 FCC는 기존 방송용 주파수의 일부를 이동통신 용도로 변경하는 것을 시장 기제(market mechanism)를 통해 해결하기 위해 인센티브 경매(Incentive Auction)를 고안하여 시행(2016년~2017년)
- 인센티브 경매는 방송사업자로부터 주파수 이용권을 자발적으로 반납 받는 ‘역경매’와 이를 통신사업자에게 공급하는 ‘순경매’로 구성
  - 경매 시작 전에 방송사업자들의 반납의사를 접수하여 회수 목표치(clearing target)를 설정하여 발표
  - 역경매에서는 내림식 구간경매(descending clock auction)를 통해 회수 목표치를 달성하기 위한 총 금액을 결정
  - 순경매에서는 오름식 구간경매(ascending clock auction)를 통해 통신사업자가 공급되는 주파수에 지불하고자 하는 총 금액을 결정
  - 순경매에서의 수익이 역경매 지불액, 행정비용, 채널 재배치 비용 등 총당되는 총 금액보다 큰 경우에 경매가 종료
- 4번에 걸쳐 회수 목표치를 하향조정하여 방송대역을 84MHz폭 회수하여 이동통신용으로 70MHz폭 공급하는 것으로 경매가 종료
  - FCC는 Stage 4의 회수 목표치를 84MHz폭(6MHz폭 14개 채널)로 설정했으며, 이를 이동통신용으로 재배치하여 2×5MHz폭 7개 FDD 블록(총 70MHz폭)으로 416개 시장에 총 2,912개 면허로 공급
  - 역경매 결과 방송사에게 지급하는 회수 비용은 100억 달러(약 11조 원), 순경매 결과 이동통신사가 지불하는 비용은 198억 달러(약 22.6조원)로 결정됨

〈표 4〉 인센티브 경매 진행 결과

	회수 목표치	순경매 공급량	역경매		순경매	
			진행기간	금액	진행기간	수익
1	126MHz	100MHz	'16. 5. 31~ '16. 6. 29	860억 달러 (약 100조)	'16. 8. 16~ '16. 8. 30	234억 달러 (약 26조)
2	114MHz	90MHz	'16. 9. 13~ '16. 10. 13	546억 달러 (약 61조)	'16. 10. 19~ '16. 10. 19	216억 달러 (약 24조)
3	108MHz	80MHz	'16. 11. 1~ '16. 12. 1	403억 달러 (약 47조)	'16. 12. 5~ '16. 12. 5	198억 달러 (약 22조)
4	84MHz	70MHz	'16. 12. 13~ '17. 1. 13	100억 달러 (약 11조)	'16. 1. 18~ '17. 2. 14	197.7억 달러 (약 22.6조)

#### ◆ 무기명(generic) 블록 순경매(forward auction)

- 이동통신용 주파수를 공급하는 순경매에서는 세부 주파수 대역을 미리 정하지 않는 무기명(generic) 블록에 대해 입찰자별로 개수를 정하는 오름식 구간경매(ascending clock auction)를 시행(clock phase)한 이후, 대역의 위치를 결정하는 assignment phase를 진행
  - 지역면허로 구분되어 있으므로 지역별로 수요와 공급을 일치시키도록 경매를 진행하게 됨
- Ascending clock auction 단계에서 입찰자는 제시된 블록당 가격(clock price)에 대해 몇 개의 블록을 입찰할 것인지를 제시
  - 초과 수요(수요>공급)가 발생하는 경우 경매인(auctioneer)은 다음 라운드에서 블록당 가격(clock price)을 상승하여 공지
  - 입찰자는 블록당 가격 상승에 따라 수요를 조정하여 다시 입찰
  - 수요와 공급이 일치하는 경우 오름식 경매가 종료
- 블록당 가격(clock price)이 불연속적으로 상승하므로 초과수요(수요>공급)에서 초과공급(수요<공급)으로 갑자기 바뀔(jump) 가능성이 존재함에 따라, 수요와 공급을 일치시키는 가격을 찾을 수 있도록 Intra-round bidding을 허용

- 입찰자는 블록당 가격(clock price)에 대한 수요 외에 자신이 원하는 특정 가격에 대한 수요를 입찰할 수 있음
- 이 경우 특정 가격은 직전 라운드의 최종가격(posted price)과 이번 라운드의 블록당 가격(clock price) 사이에서 제시하여야 함

\* 최종가격(posted price)은 다음과 같이 수요와 공급에 따라 결정

- ① 수요 > 공급 ⇒ 해당 라운드의 블록당 가격(clock price)
- ② 수요 = 공급 ⇒ 수요와 공급이 일치하게 하는 bid (단, 수요를 줄인 bid가 없을 경우 직전 라운드의 posted price)
- ③ 수요 < 공급 ⇒ 직전 라운드의 posted price

- Intra-round bidding의 입찰형태는 Simple bid, All-or-nothing bid로 구분하여 입찰할 수 있음
  - Simple bid는 특정 가격에 대한 블록 수요를 직접 제시하는 것임
    - 예를 들어, 입찰자 A가 n라운드 최종가격 5,000원에서 6개의 수요를 제시하였는데 (n+1)라운드 clock price가 5,500원으로 정해지는 경우 이에 대한 수요를 2개로 밝힘과 동시에, 5,300원에서 4개 수요에 대한 simple bid를 추가적으로 제시할 수 있음
    - 경매인은 intra-round bid를 낮은 가격으로부터 적용하는데, 다른 입찰자들의 입찰액 및 수요에 따라 입찰자 A의 5,300원에서 수요(4개)가 전부 반영되지 않고 5개로 결정될 수도 있음
  - All-or-nothing bid는 입찰자의 수요가 완전히 반영되지 않으면 아예 반영되지 않음 (부분적인 수요 반영 안 됨)
    - 상기 예에서 5,300원 4개 수요가 All-or-nothing bid로 제시된 경우 부분적으로 반영되지 못하면 그 가격에서도 6개를 입찰한 것으로 인정됨
    - 이는 짝수 개의 상품을 낙찰 받는 것을 원하는 경우 등에 있어서 효과적으로 활용이 가능한 입찰 형태임



- All-or-nothing bid를 하는 입찰자는 더 높은 가격에서 backstop bid를 선택할 수 있는데, 이는 더 높은 가격에서 simple bid를 제시하는 것과 유사한 효과 발생
- 경매인은 공급하는 모든 대역, 블록에 대해 수요와 공급을 일치시키는 가격을 결정하기 위해 입찰액을 처리
  - 낮은 가격(직전 라운드 대비 입찰액 증가율)으로부터 점차 높은 가격의 입찰액을 차례대로 반영하면서 수요와 공급이 일치되는지 체크
  - 여러 대역이 존재하는 경우 대역별 상대가격이 달라짐에 따라 초과수요에서 초과공급으로 바뀔 뿐만 아니라 초과공급에서 초과수요로 바뀔 가능성도 존재<sup>3)</sup>
  - 모든 대역에서 초과수요가 발생하지 않는 경우 해당 라운드에서 clock phase를 종료
- Clock phase에서 블록을 낙찰 받은 입찰자는 대역의 위치를 결정하는 assignment phase에 입찰할 수 있음 (입찰하지 않아도 됨)
  - 여러 라운드에 걸쳐 진행되며, 입찰자는 한 라운드에서 하나의 옵션 (낙찰 받은 블록을 인접하게 배치하는 위치)에 대해 입찰할 수 있음
  - 낙찰가는 차가(second price) 방식으로 결정

3) Intra-round bid는 한 라운드 내에서 동일 대역에 대해 단조 감소 또는 증가하도록 제시되어야 함. 따라서 예산제약 하에서 입찰자는 한 대역에서 수요를 감소하면서 다른 대역에서는 증가시키는 것이 가능하며, 수요가 증가할 때 초과공급에서 초과수요로 바뀔 수 있음

## 5. 시사점

- 전 세계적으로 무기명(generic) 블록 경매가 개발되어 도입되는 추세
  - LTE 등 이동통신 기술발전에 따라 주파수의 효율적 이용을 위해 광대역 주파수에 대한 수요가 증가하였으며, 이에 따라 주파수 파편화를 방지하는 것이 매우 중요한 정책목표로 작용
  - 2.6GHz 대역 신규 주파수 등 비교적 넓은 폭의 주파수 공급이 가능했던 국가에서 무기명 블록 경매를 주로 시행
- 각국의 시장상황, 공급하는 주파수 대역 및 대역폭 등에 따라 다양한 무기명 블록 경매방식이 시행되고 있음
  - CCA와 CMRA는 여러 대역에서 넓은 대역폭을 한꺼번에 공급하면서 상품묶음에 대한 조합입찰(Combinatorial bid)을 감안하여 최적의 배분을 달성하고자 하는 방식
  - 미국 인센티브 경매의 순경매(forward auction)는 한 주파수 대역의 동질적인(homogenous) 상품이지만 여러 지역면허로 구분되는 경우에 효율적인 경매가 가능하도록 고안된 방식
- 5G는 기존에 이동통신을 제공하지 않았던 3GHz 이상의 초고주파 대역에서 넓은 대역폭의 주파수를 이용하여 서비스가 제공될 것으로 전망
  - 신규 대역 공급에 있어서 사업자 선택에 따라 필요한 양을 확보할 수 있으며 인접한 광대역으로 활용할 수 있도록 하는 무기명(generic) 블록 경매방식에 대한 고려가 필요할 것으로 판단
  - 기존 무기명 블록 경매는 아직까지는 LTE용 주파수 공급을 위해 활용되었으나, 경매규칙의 주요 내용은 5G 주파수 경매에서도 활용 가능
- 우리나라는 세계 최초로 5G 이동통신을 상용화하기 위해 초고대역 주파수 공급을 위한 계획을 수립 중

- 그간 국내 주파수 경매는 기존에 활용하고 있던 대역에서 회수 재배치 등을 통해 신규대역을 발굴하여 공급한 것이어서 주파수 이용효율성 측면에서 최대한 광대역화하여 블록을 구성해 공급
- 사업자 수요가 어느 정도 예측 가능한 상황에서 사전적으로 블록을 구성함으로써 주파수 파편화를 원천적으로 방지
- 반면, 5G 이동통신용 주파수는 초고주파 대역의 신규대역을 공급하게 되며 사업자 수요의 불확실성이 존재함에 따라 무기명 블록 경매방식도 고려할 필요가 존재
- 현재 시행되고 있는 여러 경매방식 별로 장단점이 존재하므로, 이에 대한 분석을 통해 국내 환경에 적합한 새로운 경매방식 개발이 필요
- 세계 최초로 5G 주파수 경매를 시행하는 만큼 5G의 기술적 특성, 장비·단말 생태계 조성, 표준화 동향 등을 고려하여 블록 구성 및 경매 설계 등에 세심한 검토가 중요

---

## 참 고 문 헌

---

### [해외문헌]

- BBC News (2013). “Ofcom raises £2.34bn in 4G auction, less than forecast”, 2013. 2. 20, [www.bbc.com/news/business-21516243](http://www.bbc.com/news/business-21516243).
- Bichler, M. and Goeree, J. K. (2017). “Handbook of Spectrum Auction Design”, Cambridge University Press.
- Cramton, P. (2013). “Spectrum Auction Design”, Review of Industrial Organization, 42(2), 161-190.
- Danish Energy Agency (2016). “Examples of bid evaluation in the third auction stage”, July 2016.
- DotEcon (2016). “The Combinatorial Multi-Round Ascending Auction (CMRA): proposal for a new auction format”, July 2016, [www.dotecon.com/publications/the-combinatorial-multi-round-ascending-auction-cmra-proposal-for-a-new-auction-format/](http://www.dotecon.com/publications/the-combinatorial-multi-round-ascending-auction-cmra-proposal-for-a-new-auction-format/).
- Federal Communications Commission (2006). “Public Notice: Auction of Advanced Wireless Service licenses scheduled for June 29, 2006”, (FCC 06-47) Washington, DC: US Government Printing Office.
- \_\_\_\_\_ (2016). “FCC Incentive Auction Forward Auction Clock Phase Bidding System USER GUIDE”, Federal Communication Commission, July 22, 2016.
- \_\_\_\_\_ (2017). “FCC Incentive Auction Forward Auction Assignment Phase Bidding System USER GUIDE”, Federal Communication Commission, February 13, 2017.
- Federal Office of Communications (2012). “Orange, Sunrise and Swisscom purchase mobile radio frequencies at auction”, Press Release, 2012. 2.23, [www.bakom.admin.ch/bakom/en/homepage/frequencies-and-antennas/new-mobile-telephony-frequencies-orange-sunrise-and-swisscom.html](http://www.bakom.admin.ch/bakom/en/homepage/frequencies-and-antennas/new-mobile-telephony-frequencies-orange-sunrise-and-swisscom.html).

- Ofcom (2012). “Consultation on assessment of future mobile competition and proposals for the award of 800MHz and 2.6GHz spectrum and related issues”. London: Ofcom.
- \_\_\_\_ (2013). “Ofcom announces winners of the 4G mobile auction”. 2013. 2. 20. [www.ofcom.org.uk/about-ofcom/latest/media/media-releases/2013/winners-of-the-4g-mobile-auction](http://www.ofcom.org.uk/about-ofcom/latest/media/media-releases/2013/winners-of-the-4g-mobile-auction)

### [웹페이지]

- FCC Incentive Auction Homepage, <https://www.fcc.gov/about-fcc/fcc-initiatives/incentive-auctions>
- FCC Public Reporting System, <https://auctiondata.fcc.gov/public/projects/1000>
- Danish Energy Agency-Auctions, <https://ens.dk/en/our-responsibilities/spectrum/auctions>