creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

정책학 석사 학위논문

주파수 경매 디자인이 경매 낙찰가에 미치는 영향 연구

- OECD 국가 4G 주파수 경매결과를 중심으로 -

2021년 8월

서울대학교 행정대학원

행정학과 정책학전공

배 현 표

주파수 경매 디자인이 경매 낙찰가에 미치는 영향 연구

- OECD 국가 4G 주파수 경매결과를 중심으로 -

지도교수 금 현 섭

이 논문을 정책학 석사 학위논문으로 제출함
2021년 3월

서울대학교 대학원
행정학과 정책학전공
배 현 표

배현표의 석사 학위논문을 인준함
2021년 6월

위 원 장 나 종 민

부위원장 홍 준 형

위 원 금 현 섭

국문초록

주파수 경매제도는 주파수 할당 수익의 극대화와 주파수의 효율적 이용 보장을 취지로 도입되었다. 그러나 주파수 경매에서 활용되는 경매방식, 최저경쟁가격, 주파수 보유 한도 또는 신규사업자를 위한 주파수 유보와 같은 경매 디자인 요소가 실제로 이러한 취지에 어느 정도 기여할 수 있는지에 관하여 다양한 이론 및 실증적 논의가 이어지고 있다. 한편, 이와 관련된 선행 실증연구들을 살펴보면 그 결론이 서로 엇갈리는 경우가 많고, 분석대상이 지나치게 협소하거나, 통제변수를 충분히 포함하지 않았던 등의 한계가 확인된다.

본 연구는 OECD 회원국 31개국에서 2007~2017년 동안에 실시된 52건의 4G 주파수 경매 데이터를 기반으로, 주파수 경매 디자인을 구성하는 주요 요소인 주파수 경매방식과 최저경쟁가격이 주파수 경매 낙찰가와 효율성에 어떠한 영향을 미쳤는지를 실증적이고 종합적으로 검증하고자 하였다.

먼저 주파수 경매방식과 최저경쟁가격이 주파수 경매 낙찰가에 어떠한 영향을 미치는지를 확인하기 위해 낙찰가를 종속변수로, 동시오름 경매 · 조합클락 경매 · 최고가격 밀봉입찰 경매와 같은 경매방식 및 최저경쟁가격을 독립변수로, 이 외 주파수 보유 한도 또는 신규사업자를 위한 주파수 유보 및 망 구축의무와 같은 경매 디자인 요소, 경매 연도 및 대역 종류와 같은 무선통신 기술 관련 요소, 1인당 매출 및 시장 집중도와 같은 무선통신 시장 관련 요소, 경제권과 인구밀도, 1인당 구매력과 같은 물리 및 사회경제적 요소를 통제변수로 삼아 다중회귀분석을 시행하였다. 그리고 분석대상 데이터에 유찰 결과가 포함된 점을 고려하여 최저경쟁가격을 좌측 한도로 삼는 토빗 분석을 함께 수행하였다.

이에 더불어 경매방식과 최저경쟁가격이 주파수 경매 효율성에 미치는 영향을 추가적으로 확인하고자 하였다. 먼저 경매방식이 승자의 저주에 미치는 영향을 분석하기 위하여 승자의 저주 발생 여부를 종속변수, 경매방식을 통제변수, 신규사업자의 진입 여부를 조절변수로 놓고, 이외 승자의 저주에 영향을 미칠 수 있는 경매 디자인 요소외 무선통신 기술 및 시장 관련 요소, 그리고 물리 및 사회경제적 요소를 통제변수로 놓고 로짓 분석을 시행하였다. 그리고 최저경쟁가격이 주파수 경매 입찰자 수에 미치는 영향을 확인하

기 위하여 주파수 경매 입찰자 수를 종속변수, 최저경쟁가격을 종속변수로 놓고 마찬가지로 참여자 수에 영향을 미칠 수 있는 경매 디자인 요소 및 무선통신 기술 및 시장관련 요소, 그리고 물리 및 사회경제적 요소를 통제변수로 놓는 다중회귀분석을 시행하였다.

분석의 결과, 경매방식 중에서는 조합 클락 경매가 동시오름 경매 대비 주파수 낙찰가를 끌어 올리는 효과가 있는 것으로 나타났다. 반면 최고가격 밀봉입찰 경매방식이 동시오름 경매방식 대비 주파수 낙찰가에 미치는 영향은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아, 경매방식별로 분석 결과가 엇갈렸다.

경매방식이 신규 참여 여부와 맞물려 승자의 저주 발생 가능성에 미치는 영향에 대한 분석 결과를 살펴보면, 기존사업자들만이 경매에 참여할 경우 조합 클락 경매방식은 승자의 저주 발생 가능성을 상승시키고, 최고가격 밀봉입찰 경매는 이를 하락시키는 것으로 나타났다. 반면, 신규사업자가 함께 경매에 참여했을 때 조합 클락 경매는 승자의 저주 발생 가능성을 낮추는 반면, 최고가격 밀봉입찰 경매는 승자의 저주 발생 가능성을 상승시키는 것으로 나타나 경매방식별로 엇갈린 결과가 도출되었다.

이는 조합 클락 경매방식이 경매 진행 과정에서 참가자에게 노출되는 정보를 최소화하여 공모를 방지함으로써 동시오름 경매 대비 낙찰가 극대화 측면에서는 장점이 있지만, 복잡한 경매방식으로 인해 승자의 저주 발생 가능성이 확대되는 등 효율성의 측면에서는 단점이 있음을 보여준다. 한편, 최고가격 밀봉입찰 경매방식은 동시오름 경매방식 대비 낙찰가 측면에서는 장점이 분명치 않으나, 단 한 번의 입찰로 경매결과가 결정되는 경매방식의 특성상 경매 과정에서 주파수 가치 학습의 기회를 부여하지 않아 주파수 경매 경험이 부족한 신규사업자가 참여하는 경매에서는 승자의 저주 발생 가능성을 높이는 것으로 보인다.

한편, 최저경쟁가격이 경매에 미치는 영향을 검토한 결과, 최저경쟁가격이 상승할수록 경매 참여자 수는 줄어들어 경매 및 시장 경쟁은 저하되나, 낙찰가는 상승하는 것으로 나타나 경매 참여자 수와 낙찰가 간 Trade-off 관계가 있는 것으로 확인되었다.

또한 독립변수들 외에 낙찰가와 통제변수들 사이의 관계를 살펴보면 추가적인 시사점을 발견할 수 있다. 먼저, 주파수 경매가 뒤에 이루어질수록 낙찰가가 통계적으로 유의하게 하락하는 것으로 확인되었다. 이는 한 무선통신

세대가 도입된 후 시간이 흐름에 따라 기술적으로 쇠퇴하는 과정을 거치면서 이에 이용되는 주파수의 가치도 낮아질 수 있음을 암시한다. 한편, 1인당 무선통신 시장 매출과 주파수 경매 낙찰가의 관계가 불분명하게 나타났다. 이는 주파수 비용이 소비자 요금 설정 등 통신사업자의 의사결정에 영향을 미치지 않는 매몰비용으로 보는 이론의 입장을 지지하는 결과로 해석할 수 있다. 또한, 시장 집중도가 높을수록 낙찰가가 통계적으로 유의하게 하락하는 것으로 나타났다. 이는 소비자 편익뿐만 아니라 경매 수익 극대화의 관점에서도 무선통신 시장의 경쟁 촉진이 중요할 수 있음을 의미한다.

본 연구의 분석대상이 OECD 회원국 31개국에서 진행된 4G 주파수 경매에 한정된 점과 간헐적으로 시행되는 경매 데이터의 한계 상 고정효과 패널분석이 아닌 Pooled OLS 구조의 분석을 시행한 점은 연구의 한계로 여겨진다.

주요어 : 주파수 경매, 경매 디자인, 경매방식, 최저경쟁가격, 낙찰가, 효율성
학 번 : 2019-20036

목 차

제 1 장 서론 ····· 1

제 2 장 이론적 배경 및 선행연구 검토 ····· 3

제 1 절 이론적 배경 ····· 3

1. 주파수 경매제도의 도입 배경 및 장단점 ····· 3
2. 주파수 경매의 주요 디자인 요소와 경매결과에의 영향에 관한 이론적 연구 ····· 4

제 2 절 선행 실증분석 연구의 검토 ····· 10

1. 경매 실험에 기반한 실증연구 ····· 10
2. 실제 경매결과에 기반한 실증연구 ····· 11

제 3 장 연구의 설계 ····· 15

제 1 절 연구가설 및 변수의 설정 ····· 15

1. 연구문제 및 연구가설 ····· 15
2. 변수설정 ····· 16

제 2 절 분석모형의 설정 ····· 27

1. OLS 회귀분석 ····· 27
2. Tobit 분석 ····· 28
3. Logit 분석 ····· 28
4. 가중치 부여 회귀분석 ····· 29

제 4 장 분석 결과 ····· 30

제 1 절 기술통계분석 ····· 30

1. 경매 디자인 관련 변수 ····· 30
2. 무선통신 기술 및 시장 관련 변수 ····· 32
3. 물리적 및 사회경제적 특성 관련 변수 ····· 33

제 2 절 상관관계 분석 ····· 33

1. 가설 1, 4 관련 상관관계 분석 ····· 33
2. 가설 2 관련 상관관계 분석 ····· 35
3. 가설 3 관련 상관관계 분석 ····· 36

제 3 절 회귀분석 결과 ····· 38
1. 가설 1, 4에 대한 회귀분석 결과 ····· 38
2. 가설 2에 대한 회귀분석 결과 ····· 50
3. 가설 3에 대한 회귀분석 결과 ····· 58

제 5 장 결론 ····· 67
제 1 절 연구결과의 요약 ····· 67
제 2 절 연구의 의의 및 한계 ····· 68
1. 연구의 의의 ····· 68
2. 연구의 한계점 및 보완 방향 ····· 70

참고문헌 ····· 72

표 목 차

[표 2-1] ····· 13
[표 3-1] ····· 17
[표 3-2] ····· 19
[표 3-3] ····· 21
[표 3-4] ····· 25
[표 4-1] ····· 30
[표 4-2] ····· 31
[표 4-3] ····· 31
[표 4-4] ····· 31
[표 4-5] ····· 32
[표 4-6] ····· 32
[표 4-7] ····· 32
[표 4-8] ····· 33
[표 4-9] ····· 33
[표 4-10] ····· 34
[표 4-11] ····· 34
[표 4-12] ····· 35
[표 4-13] ····· 36
[표 4-14] ····· 37
[표 4-15] ····· 37
[표 4-16] ····· 38
[표 4-17] ····· 41
[표 4-18] ····· 43
[표 4-19] ····· 45
[표 4-20] ····· 47
[표 4-21] ····· 49
[표 4-22] ····· 51
[표 4-23] ····· 52
[표 4-24] ····· 53
[표 4-25] ····· 54

[표 4-26] ····· 56
[표 4-27] ····· 57
[표 4-28] ····· 58
[표 4-29] ····· 59
[표 4-30] ····· 61
[표 4-31] ····· 62
[표 4-32] ····· 64
[표 4-32] ····· 65
[표 5-1] ····· 68

그 림 목 차

[그림 3-1] ····· 20
[그림 3-2] ····· 20
[그림 3-3] ····· 20
[그림 3-4] ····· 22
[그림 3-5] ····· 23
[그림 3-6] ····· 26
[그림 3-7] ····· 27
[그림 3-8] ····· 27
[그림 3-9] ····· 28
[그림 3-10] ····· 29
[그림 4-1] ····· 39
[그림 4-2] ····· 39
[그림 4-3] ····· 42
[그림 4-4] ····· 42
[그림 4-5] ····· 44
[그림 4-6] ····· 44
[그림 4-7] ····· 46
[그림 4-8] ····· 46
[그림 4-9] ····· 48

[그림 4-10] ····· 48
[그림 4-11] ····· 50
[그림 4-12] ····· 50
[그림 4-13] ····· 59
[그림 4-14] ····· 60
[그림 4-15] ····· 63
[그림 4-16] ····· 63
[그림 4-17] ····· 66
[그림 4-18] ····· 66

제1장 서론

1989년 뉴질랜드에서 최초의 이동통신용 주파수 경매가 시행된 이래, 주파수 경매제도는 현재 세계 대부분 국가에서 이동통신 주파수를 할당하는 표준적인 방식으로 자리를 잡았으며 가장 효율적인 주파수 할당 방식으로 여겨지고 있다.

이러한 주파수 경매의 운영과 관련하여 가장 먼저 활용된 경매방식은 최고가격 밀봉입찰 경매(FPSBA, First Price Sealed Bid Auction)이지만, 이후 낙찰가의 극대화 및 경매의 효율성 강화를 목적으로 동시오름 경매(Simultaneous Multi Round Auction, SMRA)와 조합 클락 경매(Combinatorial Clock Auctions, CCA)같은 새로운 경매방식이 개발되어 도입되었다. 또한, 경매방식의 허점을 보완하고 공정경쟁과 주파수의 효율적인 이용을 보장하기 위한 목적으로 최저경쟁가격, 주파수 보유 한도, 망 구축의무 등의 요소가 도입되어 주파수 경매의 규칙을 구성하고 있다.

수익률 동등 정리에 따르면 입찰자들이 위험 중립적이고 그들 간에 담합의 가능성이 없는 경우, 경매의 기대수익은 경매방식과 관련 없이 같게 된다. 그러나, 현실의 경매 환경에서는 입찰자의 위험 회피적 태도와 담합 등 이러한 가정들이 성립하기 어려운 여건들이 존재하며, 이러한 상황에서 주파수 경매의 결과는 경매방식 등의 디자인 요소에 큰 영향을 받을 수 있다는 이론 및 실증 사례들이 존재한다.

일부 경매 디자인 요소가 주파수 낙찰가를 상승시키는 것으로 확인된다고 하더라도, 단순히 경매 수익의 극대화를 위해 이들 요소를 선택하는 것은 또 다른 비효율을 발생시킬 수 있다. 한 예로, 입찰 과정에서 경쟁자의 입찰 정보를 얻기 어려운 최고가격 밀봉입찰 및 조합 클락 경매방식은 적정 가치보다 더 큰 비용을 지불하게 되는 승자의 저주(Winner's Curse)를 일으킬 가능성이 더 큰 것으로 알려져 있다.(GSMA 2014) 지나치게 높은 최저경쟁가격은 입찰자 수를 줄여 시장 경쟁에 잠재적인 악영향을 미칠 수 있다.(Hazlett 2009) Milgrom(2004) 역시 주파수 경매와 관련해 효율성과 낙찰가 극대화 사이에 대립(trade-off)관계가 존재할 수 있다고 지적한 바 있다.

한국 정부는 2011년 처음으로 주파수 경매제도를 도입하였고 이후 2013년, 2016년, 2018년에 1회씩 총 4차례의 주파수 경매를 시행하였으나, 각 경매의 경매 디자인은 지속적으로 논란의 대상이 되어왔다. 2011년의 경매에서는 동시오름 경매방식을 통해 주파수를 할당하였다. 그러나 라운드 수에 제한을 두지 않아 1.8GHz 대역을 놓고 KT와 SK 텔레콤이 83라운드에 걸쳐 입찰 경쟁을 벌였고, 해당 대역의 주파수 할당 대가가 1조원에 가깝게 형성되어 경매가 지나치게 과열되었다는 비판을 받았다. 2013년의 경매에서는 KT 인접 1.8GHz 대역이 경매대상에 포함되면서 KT가 인접대역을 확보하는 밴드플랜 2와 KT의 인접대역 확보를 배제하는 밴드플랜 1을 서로 경쟁시키는 경매 디자인을 도입하였는데, 낙찰가 상승을 위해 지나치게 인

위적인 경쟁 구도를 형성한 것이란 지적이 있었다. 2018년의 5G 주파수 경매에서는 3.5GHz 대역 주파수의 최저경쟁가격을 수개월 전에 실시된 영국의 유사 대역 주파수 경매 최종낙찰가보다 높은 수준으로 설정하였는데, 이에 대한 통신사업자의 반발이 나타나기도 하였다. 경매 디자인에 대한 논란이 지속적으로 발생한다는 것은 이의 설정이 실제 경매결과에 영향을 미칠 개연성이 크다는 것을 암시한다.

이에, 본 연구는 경매방식과 최저경쟁가격 등의 주파수 경매를 구성하는 주요 디자인 요소들이 서로 연관되어 경매의 낙찰가 및 효율성에 어떤 영향을 미치는지를, OECD 국가들에서 2007~2017년 동안에 실시된 4G 주파수 경매 데이터 기반의 실증분석을 통해 확인하고, 이를 통해 최적의 경매 디자인과 관련된 시사점을 도출하고자 한다.

제2장 이론적 배경 및 선행연구 검토

제1절 이론적 배경

1. 주파수 경매제도의 도입 배경

이동통신 등 무선통신 서비스에 필수적이나 제한된 자원인 주파수 자원을 효과적으로 할당하는 방식과 관련하여 다양한 학문적 논의가 존재한다. 정부 기관들은 과거에는 주로 직접 심사하여 적당한 사업자에 주파수를 할당하는 심사할당 방식(Beauty Contest) 또는 신청자 중 무작위로 할당 대상 사업자를 선정하는 추첨(Lotterie) 방식을 통하여 주파수를 사업자에 분배해 왔다.

1991년 노벨 경제학상을 수상한 Ronald Coase는 1959년의 “The Federal Communications Commission”에서 시장가치에 기반한 주파수 경매의 도입 필요성을 처음으로 언급하였다. 이후 뉴질랜드에서 1989년 세계 최초로 이동통신용 주파수 경매를 시행하였고, 이후 영국, 미국 등 세계 각국에서 주파수 경매제를 차례로 도입하며 현재는 중국, 일본을 제외한 대부분의 국가에서 주파수 경매제를 도입하고 있다. 한국도 2011년 최초의 주파수 경매를 시행하였으며, 이후에도 주파수 경매를 4차례 더 실시하였다. 마지막 경매는 2018년 5G 주파수 경매로, 총 낙찰가는 약 3조 6천억 원에 달하였다.

주파수 경매는 심사할당 방식과 비교하여 수 가지의 장점을 지닌다. 먼저 주파수 경매는 결과적으로 해당 주파수 대역을 가장 효율적으로 이용할 수 있는 사업자들이 해당 대역을 받을 수 있도록 한다.(Cramton et al. 1987) 둘째로 심사할당 방식의 경우 정부가 직접 신청자들의 재정 건전성, 네트워크 신뢰성, R&D 투자, 구축계획 등을 직접 심사하여야 하나 사업자들은 자신들의 사업 관련 정보를 온전히 공개할 인센티브가 없어 비현실적인 사업 계획을 제출할 수 있고, 이는 의사결정을 어렵게 만드는 요소가 될 수 있다. 반면 경매는 응찰 과정을 통해 경쟁 기업들의 사업 역량을 평가할 수 있고, 경매 참여자들이 내부 정보를 공개하도록 만든다. 셋째로 심사할당 과정은 긴 시간이 소요되고 정치적 또는 법적 논란을 불러올 수 있는 특정 기업 밀어주기 또는 부패 시비가 발생할 가능성이 크나, 경매는 상대적으로 더 간단하고 신속하게 주파수를 할당할 수 있게 한다. 마지막으로, 경매는 응찰 과정에서 발생하는 경쟁을 통해 큰 규모의 공공 재정 창출이 가능하고, 이는 세금 왜곡(tax distortion)을 발생시키는 다른 조세 행위를 대체할 수 있다.(Binmore and Klemperer 2002)

반면에, 경매 시 입찰자 간의 과도한 응찰 경쟁(overbid)이 발생하여 주파수 할당

대가가 지나치게 높은 수준에서 형성될 때 이것이 소비자 가격에 전가될 수 있다는 우려가 존재한다.(Sutton 2001) 또한 높아진 주파수 할당 대가가 시장에서 생존할 수 있는 사업자의 수를 줄이고 시장 집중도를 강화하여 경쟁을 저해할 수 있다는 우려도 존재한다.(Grubber 2001) 경매로 인해 높아진 주파수 할당 대가가 기업들의 무선망 투자를 축소할 수 있다는 주장도 있다.(Wruck 1994). 이러한 우려들은 특히 90년대 후반의 3G 주파수 경매 시 닷컴버블과 맞물려 과도한 응찰 경쟁이 발생하면서 주파수 경매가는 급상승하였으나, 실제 망 구축 및 본격적인 시장 개화는 오히려 지연되었던 경험에서 발생하였다.(Gruber 2007)

2. 주파수 경매의 디자인을 구성하는 주요 요소와 경매결과에의 영향에 관한 이론적 연구

Vickrey(1961)에 의해 최초로 제기되어 Myerson(1981) 및 Riley and Samuelson(1981)에 의해 구축된 수익률 동등 정리(Revenue Equivalence Theorems)는 입찰자들의 위험 성향이 중립적이고 공모가 없다는 일정 요건들을 충족할 때 경매방식과 무관하게 낙찰가는 동일하게 형성된다는 내용을 담고 있다. 그러나 현실의 경매에서는 예산 제약, 위험 회피 성향, 공모 등의 문제로 이러한 조건이 성립되지 않고 이 경우 경매방식에 따라 낙찰가가 달라질 수 있다는 이론적 연구결과가 존재한다.(Milgrom 2004) 아래에서는 경매방식뿐만 아니라 낙찰가 극대화 및 시장 경쟁 촉진, 무선통신 인프라 확보를 위해 마련된 경매 디자인 요소(최저경쟁가격, 밴드플랜, 주파수 보유 한도 및 신규사업자를 위한 주파수 유보, 망 구축의무)들이 경매의 낙찰가 및 효율성에 어떤 방식으로 영향을 미칠 수 있는지에 대한 이론적 논의에 대하여 살펴본다.

(1) 입찰 경쟁 촉진을 위한 요소들

1) 경매방식

주파수 경매제도가 도입된 이래. 3가지 주파수 경매방식 - 최고가격 밀봉입찰 경매, 동시오름 경매, 조합 클락 경매 - 이 주로 활용되었다. 각 경매방식의 특징을 살펴보고, 이러한 특징이 낙찰가에 미치는 영향에 대한 이론적 논의를 살펴본다.

① 최고가격 밀봉입찰 경매 (FPSBA, First Price Sealed Bid Auction)

최고가격 밀봉입찰 경매는 가장 기본적인 경매방식 중 하나다. 각 입찰자는 낙찰받으려는 아이템에 대하여 밀봉 입찰을 제시하고, 가장 높은 가격을 제시한 자가 해당 제시 가격에 아이템을 낙찰받는다. 후술하는 동시오름 경매와 최고가격 밀봉입찰 경매의 차이점은, 전자의 경우 입찰자가 경쟁자의 입찰 정보를 확인하고 자신

의 입찰액을 조정할 수 있는 반면, 밀봉입찰 경매에서는 오직 한 번만 입찰을 제시할 수 있다는 것이다.(McAfee and McMillan 1987) 다수의 아이템들에 대한 최고가격 밀봉입찰 경매는, 모든 아이템들에 대하여 동시에 이루어질 수도 있고, 또는 순차적으로 이루어질 수도 있다.

최고가격 밀봉입찰 경매방식에는 다음과 같은 문제점이 있다. 먼저 경매대상 아이템의 진정한 가치를 탐색하는 과정 없이 한 번의 입찰로 낙찰이 결정됨으로써 경매대상 아이템의 실제 가치보다 더 높은 가격에 해당 아이템을 낙찰받는 승자의 저주가 발생할 우려가 있다.(Thaler, 1988) 반면에, 승자의 저주에 대한 위험성을 고려하여 좀 더 덜 공격적으로 입찰에 임하게 되고, 이로 인하여 입찰 정보가 더욱 많이 공개되는 다른 경매방식에 비해 낙찰가가 낮아질 수도 있다.(Milgrom and Webber 1982)

② 동시오름 경매 (SMRA, Simulataneous Multi Round Auction)

SMRA 또는 SAA(Simultaneous Ascending Auction)라 불리는 이 경매방식은 Paul Milgrom과 Robert Wilson, Preston McAfee에 의해 최초로 제안되었으며, 1994년 미국 FCC(Federal Communication Commission)의 주파수 경매에서 처음 활용되었다.(Cramton 2010)

동시오름 경매는 다수의 아이템들에 대해 복수의 라운드마다 입찰이 이루어지는 경매방식으로, 매 라운드마다 입찰자는 동시에 관심을 가진 아이템에 대해 밀봉입찰(Sealed bid)을 시행한다. 입찰 후 매 라운드의 결과가 공개되는데, 각 아이템별로 발표되는 이 결과에는 새로운 입찰 및 입찰자의 정보, 최고 입찰액(Standing high bid)과 이를 제시한 입찰자의 정보가 포함된다. 최초의 최고 입찰액은 경매 주관자(이하 경매자)에 의해 주어지며 최초의 최고 입찰액 제시자는 경매자가 된다. 경매가 진행됨에 따라 특정 아이템에 대한 각 라운드의 최고입찰액은 지난 라운드의 최고 입찰액보다 커지게 되며, 최고 입찰액 제시자는 지난 라운드에 최고 입찰액을 제시한 입찰자가 된다. 각 라운드의 결과와 함께 다음 라운드의 최저 입찰액이 제시되는데, 이는 지난 라운드의 최고 입찰액에 사전에 결정된 일정 증분을 더하는 식으로 계산된다.

입찰자가 새로운 입찰을 할 수 있는 자격(Eligibility)은 행동 규칙(Activity rule)에 의해 통제된다. 이 규칙은 주파수의 폭, 또는 면허에 의해 커버되는 인구 수 등 입찰 대상 아이템의 가치를 대략적으로 나타내는 양적 기준에 기반한다. 최초의 입찰 자격은 각 입찰자가 최초에 입찰 자격을 확보하길 원하는 아이템의 양에 대한 보증금을 지불하여 형성된다. 경매 과정 도중, 입찰자는 특정 아이템에 새로 입찰하거나 지난 라운드에서 최고 입찰액 제시자였을 경우만 해당 아이템에 대해 유효한 자격을 지닌다고 여겨진다. 각 라운드에서 입찰자의 유효 활동은 해당 입찰자의 자격을 넘어서지 못한다. 이러한 행동 규칙은 입찰자가 적극적으로 입찰에 참여하게

만드는 압력을 형성하여 경매가 빠르게 진행될 수 있도록 하고, 입찰자가 경매 도중 얻을 수 있는 정보를 증가시키는 기능을 지닌다.

경매 종료를 위한 조건은 규제 당국의 선택에 따라 다양할 수 있다. Preston이 제안한 경매 종료 조건은, 정해진 일정 라운드 수 중 해당 아이템에 대한 새로운 입찰이 없는 경우 해당 아이템에 대한 경매를 종료하는 것이다. Robert Wilson과 Paul Milgrom이 제안한 조건은, 경매 진행 중인 모든 아이템들에 대하여 새로운 입찰이 없는 경우 이 모든 아이템들에 대한 경매를 동시에 종료하는 것이다. 실제로 이용되는 종료 규칙은 대부분 후자를 따르고 있다. 경매 종료 시, 각 아이템은 최고 입찰가와 동일한 가격에 최고 입찰액을 제시한 입찰자에 낙찰되게 된다.(Milgrom 2000)

동시오름 경매는 최고가격 밀봉입찰 경매에 비해 많은 장점이 있다. 먼저, 입찰자의 가치가 상호 독립적인 경우, 라운드가 진행되고 가격 탐색을 진행하는 과정에서 승자의 저주가 축소되고 낙찰 수익이 증가할 수 있다. 이는 입찰자가 입찰 대상의 가치에 대해 더욱 많은 정보를 얻을 수 있어 공격적으로 입찰할 수 있기 때문이다. 또한, 가격 탐색은 입찰자가 그들의 입찰을 조정하고 가격 정보를 분석할 수 있게 한다. 추가로, 대부분의 동시오름 경매에서 입찰은 개별 아이템에 대해 이루어지게 되는데, 이 접근법은 간소성을 보장하는 장점을 지닌다.(Cramton 2010) 이러한 장점으로 인해, 각국에서 현재까지 진행되었던 주파수 경매 중 동시오름 경매방식을 취한 경매가 다수를 차지하고 있다.

그러나, 동시오름 경매방식의 경우 경매 과정에서 경쟁자의 입찰 정보를 상대적으로 많이 얻을 수 있는데, 여기에는 경쟁자의 포기 가격(dropout price)도 포함되어 이로 인한 수요 감축이 촉진되는 등(Kagel and Levin, 2001) 공모의 개연성이 높아지는 문제점도 존재한다.

③ 조합 클락 경매 (Combinatorial Clock Auctions, CCA)

이 경매방식은 동시오름 경매의 패키지 경매와 관련된 문제점을 해소하기 위하여 만들어졌다. 이 경매방식은 Milgrom이 2002년에 최초로 언급하였으며 (Ausubel and Milgrom 2002a, 2000b), Lawrence M. Ausubel과 Peter C. Cramton, Milgrom에 의해 2006년에 최초로 고안되었다.(Ausubel et al. 2006) 이 경매방식의 특징은 2단계의 입찰 프로세스이다. 첫 단계는 동적 클락 경매로, 경매자는 경매 아이템의 가격을 공표하고, 입찰자는 공표된 가격에 대응하여 원하는 입찰량을 제시한다. 이 단계의 입찰은 복수의 라운드를 거쳐 이루어지며, 모든 아이템에 대하여 공급이 수요를 초과할 때까지 진행이 계속되며 매 단계에서 아이템의 가격은 증가하게 된다. 두 번째인 보충 라운드 단계에서, 입찰자는 다수의 보충 입찰(Supplementary bids)을 할 기회를 얻게 된다. 이 입찰은 첫 단계에서 입찰자의 입찰 내용을 개선함과 동시에 다른 패키지들에 대한 가치를 표현하기 위한 과정이다. 클락 라운드와 보충

라운드에서 제출된 입찰 정보가 승자 및 가격 결정에 활용된다. 승자 결정은 입찰자들의 패키지 조합 중 낙찰가를 최대로 만드는 조합으로 이루어지고, 낙찰가는 2번째 가격 규칙(2nd price principles)을 따른다, 이는 낙찰가가 최고가 제시자의 입찰액이 아닌, 차순위 가격 제시자의 입찰액을 따름을 의미한다. (Ausubel and Baranov 2014)

조합 클락 경매는 동시오름 경매보다 입찰 경쟁 촉진 측면에서 여러 장점을 가진다. 우선, 조합 클락 경매는 수요 감축 등의 행동을 취할 인센티브를 제거한다. 이는 이 경매방식이 보다 효과적인 것으로 알려진 2번째 가격 규칙에 기반을 두고 있으며, 제한된 정보만이 입찰자에 노출되는 것 등에 기인한다. 또한, 입찰자가 패키지들에 대해 입찰하게 함으로써 동시오름 경매에 존재하는 노출 문제를 해결하는데, 노출 문제에 대해서는 후술한다.

④ 입찰 방식이 경매 낙찰가에 미치는 영향

Vickrey는 1961년 “Counterspeculation, auctions, and competitive sealed-tenders”라는 논문에서 어떠한 경매방식을 택하든 기대되는 낙찰가는 같다는 수익동일 이론(Revenue equivalence theorem)을 제안하였다. 그러나 실제 경매에서는 입찰자의 위험 회피 성향의 차이 등으로 인해 이러한 이론의 가정이 유지되지 않으면서 경매방식에 따라 기대 낙찰가가 바뀔 수 있다.(Milgrom 2004)

동시오름 경매는 최고가격 밀봉입찰 경매의 승자의 저주에 따른 불확실성을 개선하기 위해 고안되었고, 경매대상 아이템의 가치에 대한 정보를 가격 탐색을 통해 확인하는 과정에서 더욱 공격적인 입찰이 이루어지게 함으로써 경매의 효율성 및 낙찰가를 모두 개선할 것으로 기대되었다.(Milgrom 2000 / Cramton 2010) 그러나 상기에 언급한 강한 입찰자들의 수요 감축에 의해 오히려 최고가격 밀봉입찰 경매보다 낮은 낙찰가를 기록하게 된다는 의견도 존재한다. 이러한 현상은 특히 경매대상 아이템이 서로 대체재가 아닌 보완재일 때 일어난다.(Bedard et al. 2020)

동시오름 경매와 조합 클락 경매 중 어느 입찰 방식이 더 높은 낙찰가를 유도하는지에 관해서는 다양한 주장이 존재한다. 동시오름 경매가 가치 탐색 과정에서의 불확실성을 제거하여, 각자가 생각하는 진정한 가치에 도달할 때까지 입찰이 이어지게 하고, 이것이 낙찰가의 상승으로 이어질 수 있다는 관점도 존재한다. 반면에 공모의 관점에서는, 조합 클락 경매의 경우 경매의 복잡성으로 인해 공모가 어려운데 반해, 동시오름 경매의 경우 입찰 과정이 훨씬 간단해 조합 클락 경매에서의 계산 복잡성을 걱정할 필요 없이 입찰자 간에 신호를 주고받는 것이 가능하므로 조합 클락 경매 경매의 낙찰가가 더 높게 형성될 수 있다는 주장이 있다.(Derek Wenning 2016)

⑤ 입찰 방식이 경매 효율성에 미치는 영향

각 경매방식은 효율성 관점에서 다음과 같은 문제점을 가진다.

먼저 최고가격 밀봉입찰 경매는 앞서 설명한 바와 같이 경매결과가 1회의 밀봉 입찰로 결정됨으로 인해 승자의 저주를 초래할 가능성이 크다. 또한, 다수의 아이템에 대하여 밀봉 입찰이 차례로 이루어질 경우, 입찰자가 현 경매의 입찰액을 결정함과 동시에 다음 경매의 가격을 함께 추측하여야 하는데, 이 과정에서 잘못된 추측은 비효율적인 가격 할당으로 이어질 수 있다. 한 예로, 순차적인 밀봉 입찰 과정의 후순위 경매에서 가격이 지나치게 상승할 경우 입찰자는 이미 입찰이 끝난 아이템으로 바꿀 수도 없는 어려움에 부닥치게 된다. 이러한 미래 경매결과에 대한 예측작업은 복잡하고, 결과물은 더욱 비효율적일 가능성이 높다.(Cramton 2010)

동시오름 경매에는 입찰자가 개별 아이템에 대해 동시에 입찰하는 구조로 인한 노출 문제(Exposure problem)라는 취약점이 존재한다. 이는 입찰자가 상호 보완적인 복수의 아이템을 얻기 위한 목적으로 경매에 참여하나, 이 중 일부만을 획득하게 되는 위험과 관련된 문제이다.(Cramton 2010)

조합 클락 경매는 동시오름 경매와 비교했을 때 노출 문제의 제거 및 입찰 경쟁 촉진이라는 측면에서는 장점이 있으나, 경매의 효율성과 관련해서는 다수의 문제점이 존재한다. 먼저, 상품 카테고리의 수가 많아질 경우 입찰자가 보충 라운드에서 아이템의 모든 가능한 조합에 대해 가치를 표현하기 어렵다. 또한, 입찰자에 부여되는 행동 규칙이 지나치게 엄격할 경우 낙찰자가 쉽게 입찰하기가 어려운 점 등의 문제가 있다(Cramton 2013) 또한, 조합 클락 경매는 입찰자에게 제한적인 가시성만 제공하여 승자의 저주를 초래하고, 2번째 가격 규칙에 따라 각 사업자가 같은 대역을 다른 가격에 낙찰받게 되는 등 경매결과 왜곡의 우려가 다른 경매방식보다 크다.(GSMA, 2014)

2) 최저경쟁가격

최저경쟁가격(Reserve price)은 입찰 대상 아이템의 최저가격을 정한 것으로 입찰자들이 생각하는 아이템의 가치가 최저경쟁가격에 미달할 경우 입찰이 사라져 유찰이 발생하게 된다. Klemperer(2002)는 최저경쟁가격이 적절하게 설정되지 않을 때 공모 및 강한 입찰자가 입찰 가격을 빠르게 상승시켜 다른 입찰자를 조기에 탈락시키는 포식(predation)의 인센티브를 증가시킬 수 있다고 지적하며, 특히 최저경쟁가격이 낙찰 예상가보다 낮게 설정될수록 공모의 인센티브가 커진다고 지적하였다. McMillan(1994) 역시 최저경쟁가격이 적절한 수준에서 정해질 경우에는 낙찰가를 상승시킬 수 있으나, 입찰 경쟁이 약한 경우에만 효과를 볼 수 있다고 지적하였다. 한편, 높은 최저경쟁가격은 주파수 경매 참여자의 수를 줄이는 방향으로 영향을 미치는 것이 실증적으로 확인되고 있다.(Hazlett 2009 / Bajari 2009)

3) 밴드플랜

경매자가 경매대상 주파수를 분할하는 방식 역시 낙찰가에 영향을 줄 수 있다.(Crampton 2011) Milgrom(2004)에 따르면, 입찰자의 수가 고정되어 있을 때, 아이템을 더 작은 단위로 분할할 수록 경쟁이 완화되고, 그로 인해 낙찰가가 낮아질 수 있다. 이는, 입찰 대상 아이템들이 보완재일 경우 각 입찰자는 개별 아이템보다 아이템들의 합에 더 높은 가치를 부여하기 때문에, 이를 나누어 경매하는 경우의 기대 낙찰가가 아이템들을 결합하여 경매하는 경우의 기대 낙찰가보다 낮아지기 때문이다. 단, 아이템을 더 작은 단위로 나눔으로써 새로운 입찰자가 추가될 수 있다면, 낙찰가가 더 상승할 수도 있다. 이는 새로 참여하는 입찰자가 한 묶음으로 된 아이템에 대해서는 입찰할 의지가 없지만, 개별 아이템에 대해서는 기존의 입찰자보다 더 높은 가치를 부여할 수 있기 때문이다.

(2) 시장 경쟁 촉진을 위한 요소

이동통신 산업은 초기 진출에 상당한 비용이 소모되고 이 비용은 매몰비용이 되어 신규사업자에 진입 장벽으로 작용한다. 주파수 경매 시 기존사업자와 신규사업자 간에 규제 없는 경쟁이 이루어질 때 이러한 매몰비용의 효과로 같은 주파수에 대하여 기존사업자가 더 높은 가치를 가질 것이 분명하므로 신규사업자에게는 경매 참여의 인센티브가 제한적일 수밖에 없다. 이에 활용되는 규제가 주파수 보유 한도 및 신규사업자를 위한 주파수 유보이다.

주파수 보유 한도(Spectrum cap)는 한 사업자가 특정 지역에서 보유할 수 있는 주파수의 양을 제한하는 것이다. 주파수 보유 한도는 경매대상 주파수에 대해서만 부과될 수도 있고, 이를 넘어 사업자가 보유 중인 주파수의 양을 전부 고려하여 부과될 수도 있다. 주파수 보유 한도는 기존사업자 외의 신규사업자가 새로 할당되는 주파수 중 더 많은 양에 대해 입찰할 수 있게 한다.

한편, 주파수 유보(Set aside)란 한 개 이상의 주파수 블록을 신규사업자를 위해 유보하는 것이다. 이 경우 기존사업자는 해당 블록의 입찰에서 제외되게 된다. 이는 신규사업자가 적어도 유보된 블록은 확보할 수 있게 보장하므로, 경매 참여의 동기를 부여하는데 가장 효율적인 방법이다.

주파수 보유 한도와 주파수 유보는 모두 유사한 목적을 수행하는데, 그것은 바로 기존사업자에 제한을 가하고, 신규사업자가 주파수를 새로 얻을 수 있도록 보장하는 것이다. 단, 주파수 유보의 경우 신규사업자용으로 특정 면허를 할당하는 데 비해, 주파수 보유 한도는 모든 입찰자에 확보할 수 있는 주파수의 양을 제한하는 차이가 있다. 둘 다 신규사업자가 주파수를 확보하여 무선통신 서비스를 제공할 수

있게 보장함으로써 무선통신 시장의 경쟁을 촉진할 수 있다는 장점이 있지만, 해당 주파수를 가장 효율적으로 활용할 수 있는 기존사업자의 주파수 획득을 막음으로써 자원 활용의 효율성을 떨어트리는 문제가 있다.(Cramton 2011)

일반적으로 주파수 보유 한도와 같은 규제는 낙찰가를 낮추는 효과가 있다. 그러나 기존사업자가 신규사업자 대비 우위를 가지는 경우, 신규사업자는 기존사업자와의 입찰 경쟁에서 이기지 못할 것을 알기에 주파수 보유 한도 없이는 경매에 참여하지 않고, 기존사업자만이 경매에 참여하여 낙찰가가 낮은 수준에서 형성되게 된다. 이 경우 주파수 보유 한도를 설정하는 것이 신규사업자의 참여를 보장하여 입찰 경쟁을 강화하고 최종 낙찰가를 높일 수 있다.(Cramton 2001)

(3) 무선통신 인프라 구축 보장을 위한 요소

각국의 규제 기관들은 주파수의 효율적인 이용을 보장하기 위해 할당된 면허에 망 구축의무를 부과하는 경우가 많다. 망 구축의무는 일반적으로 일정 인구 비율에 해당하는 커버리지를 일정 기간 내 구축할 것을 요구하는 형태로 주어지는 경우가 많으나, 기지국 수를 직접 지정하거나 어떤 경우에는 디지털 취약 계층을 위한 단말 구입 의무를 부과하는 경우도 존재한다. 망 구축의무가 클수록 주파수 가치에는 부정적으로 작용하나, 디지털 격차 해소를 통해 사회적 가치는 더 증가할 수 있다.(Lopez 2017, Alden 2012)

제2절 선행 실증분석 연구의 검토

경매방식 등의 주파수 경매 디자인 요소가 주파수 경매 및 효율성에 미치는 영향을 실증하기 위해서 경매 실험 및 실제 경매결과에 기반한 분석을 수행한 선행연구가 다수 존재하나, 그 결과는 서로 엇갈리는 모습을 보인다.

1. 경매 실험에 기반한 실증연구

먼저, 경매방식이 주파수 낙찰가에 미치는 영향을 경매 실험을 통하여 확인하려 한 선행연구들을 살펴본다. FCC는 동시오름 경매와 조합 클락 경매 중 어느 방식이 더 높은 낙찰가를 창출하는지에 대한 경매 실험을 2006년에 실시하였는데, 참여자들이 아이템들 중 일부에 대해서만 공통의 보충재를 가지고 있을 때에는 조합 클락 경매방식의 낙찰가가 더 높았지만, 보충재가 완전히 중복될 경우에는 조합 클락 경매방식의 낙찰가가 더 낮다는 결론을 얻은 바 있다.(Goeree et al. 2006)

Bichler(2013)는 동시오름 경매와 조합 클락 경매의 효율성 및 낙찰가에의 영향을 확인하기 위해 경매 실험을 실시하였다. 먼저, 기본 모델과 다중 밴드 모델의 2개 경매 모델을 구성하였다. 기본 모델의 경우 14개의 짝지어진 블록으로 구성된 밴드와 10개의 짝지어지지 않은 블록으로 구성된 밴드 2개로 구성되었는데, 이는 유럽의 당시 주파수 경매 형태를 반영한 것이다. 한편 다중 밴드 모델의 경우 6개 블록들로 구성된 4개 밴드로 구성되었는데, 이는 일반적인 조합 클락 경매의 형태를 반영한 것이다. 또한, 경매와 관련하여 기초적인 지식만을 제공한 집단과(Lab 집단), 상세한 지식을 학습시킨 집단(Competition 집단)으로 나누어 경매를 실시하였다. 실험 결과, 효율성의 경우 기본 모델에서는 동시오름 경매와 조합 클락 경매 사이에 큰 차이가 없었으나, 멀티밴드 모델에서는 동시오름 경매의 효율성이 통계적으로 유의하게 높은 것으로 확인되었다. 낙찰가의 경우 모든 모델 및 집단에서 동시오름 경매의 경우가 조합 클락 경매보다 높게 형성되었다.

2. 실제 경매결과에 기반한 실증연구

현실의 주파수 경매에는 경매방식 외에도 최저경쟁가격, 주파수 보유 한도 등의 다양한 경매 디자인 요소가 포함되므로 실제로 이루어진 주파수 경매결과 데이터를 바탕으로 이러한 경매 디자인 요소가 낙찰가 등의 주파수 경매결과에 어떠한 영향을 미치는지를 확인해 볼 필요가 있다. 이와 관련하여 기존에 수행된 선행연구들의 내용 및 결과는 다음과 같다.

Madden(2010)는 2000년-2007년 간에 걸쳐 21개국에서 시행된 81건의 3G 주파수 경매 데이터를 기반으로 회귀분석을 시행하여 주파수 경매 디자인이 낙찰가에 미치는 영향을 검토하였다. Madden은 낙찰가를 인구수 및 주파수 대역폭으로 나눈 값을 종속변수로 삼고, 주파수 패키지와 관련된 할당 기간, 최저경쟁가격 등의 요소와 망 구축의무와 관련된 커버리지 의무 및 인프라 공유 여부, 주파수 할당 과정과 관련된 경쟁수준(입찰자/면허 수), 행동 규칙(Acitivity rule)의 설정 여부, 매 경매 라운드에서의 입찰 정보 공유 여부, 패키지 또는 밀봉 입찰 여부 등의 변수, 국가 경제 및 모바일 시장과 관련된 국민소득, 인구수, 기존사업자 수, 경매 연도 등의 변수를 독립변수로 삼아 절단 회귀분석(Censored regression)을 시행하였다. 그 결과 경쟁수준 및 입찰 정보 공유는 낙찰가에 통계적으로 유의하게 양의 영향을 미치나, 행동 규칙은 낙찰가에 통계적으로 유의하게 음의 영향을 미치며, 패키지 및 밀봉입찰 여부, 최저경쟁가격의 계수는 통계적 유의성을 띠지 않음을 확인하였다.

Madden(2015)은 2000년-2011년 간에 걸쳐 시행된 27개국의 93건의 3G 주파수 경매 데이터를 기반으로 Madden(2010)의 분석 모델과 유사한 변수 및 분석 모델을 활용하여 경매 디자인의 낙찰가에의 영향을 다시금 검토하였는데, 이번에는 종속변

수로 각국의 구매력지수(PPP)를 반영한 낙찰가/주파수 폭/인구수 값을 활용하였다. 그 결과, 이번에는 패키지 또는 밀봉입찰 방식이 각각 개별 또는 공개입찰 방식보다 통계적으로 유의하게 낙찰가를 하락시키며, 통념과는 반대로 최저경쟁가격이 커질수록 통계적으로 유의하게 낙찰가가 하락한다는 결과를 얻었다. 또한, 정보공유 여부는 Madden(2010)의 분석 결과와는 다르게 낙찰가에 통계적으로 유의하게 음의 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

임동민(2017)은 Madden(2010, 2015)의 분석 모델을 응용하여 유럽 지역 14개국의 23회, 총 143개 면허에 대한 4G 주파수 경매 데이터에 대하여 절단 회귀분석을 수행하여 경매 디자인의 낙찰가에의 영향을 살폈다. 여기서 종속변수는 역시 낙찰가를 주파수 폭 및 인구수로 나눈 값이었지만, 각국의 구매력지수를 반영한 보정을 거쳤다. 경매 디자인과 관련하여 분석 모델에 포함한 독립변수는 경쟁수준 및 신규사업자를 위한 주파수 유보 여부, 밀봉 또는 패키지 입찰 여부, 최저경쟁가격 등이다. 분석 결과, Madden의 연구결과와는 반대로 최저경쟁가격이 상승할수록 낙찰가가 상승한다는 결과를 얻었다. 입찰 경쟁이 치열해지는 경우에도 낙찰가가 통계적으로 유의하게 상승하는 것으로 확인되었으며, 밀봉입찰 또는 패키지 입찰 시에도 낙찰가는 통계적으로 유의미하지는 않지만 상승하는 것으로 확인되었다.

Koutroumpis(2018)는 1994년부터 2015년까지 85개국에서 41개 주파수 밴드의 13,059개 블록을 대상으로 시행된 주파수 경매 및 심사할당 방식에 따른 주파수 할당 데이터를 활용하여 동시오름 경매와 조합 클락 경매, 최고가격 밀봉입찰 경매가 낙찰가에 미치는 영향을 비교하였다. 저자는 종속변수로는 다른 연구들과 마찬가지로 낙찰가를 주파수 폭 및 인구수로 나눈 값을 활용하였으며, 각 경매방식을 독립변수로 삼았으며, 통제변수로는 패키지 입찰 및 가격 규칙, 커버리지 의무, 인구밀도, 휴대전화 보급률, 면허 기간, 각 블록의 크기, 입찰자 수, 소득 수준, 전국/지역 면허 여부 등을 활용하였고 국가 및 연도, 주파수 대역 종류를 고정한 고정효과(FE) 패널분석을 시행하였다. 그 결과, 동시오름 경매와 조합 클락 경매가 최고가격 밀봉입찰 경매 대비 최종 낙찰가를 상승시키는 것으로 확인하였다.

Ihle(2018)는 2007년부터 2018년까지 전 세계에서 수행된 213건의 주파수 경매 데이터를 기반으로 회귀분석을 수행하여 동시오름 경매와 같은 공개입찰 경매방식과 조합 클락 경매와 같은 밀봉 입찰 경매방식이 낙찰가에 미치는 영향을 분석하였다. 구체적으로는 Madden(2015), 임동민(2017)과 같이 낙찰가에 구매력 보정을 거친 값을 주파수 폭 및 인구수로 나눈 값을 종속변수로 활용하였으며, 여기에 더불어 화폐가치의 인플레이션을 반영하고 주파수 이용 기간과 관련하여 모든 낙찰가 데이터에 대해 이용 기간 15년, WACC 8%를 기준으로 표준화를 시행하였다. 독립변수의 경우 최고가격 밀봉입찰 경매를 기준으로 삼고, 각 경매방식과 함께 경매방식과 주파수 대역 종류(저대역, 중대역, 고대역)를 함께 반영한 벡터적(cross-product) 가변

수를 독립변수로 삼았다. 상기 종속변수 및 독립변수를 대상으로 연도 및 국가를 고정한 고정효과(FE) 패널분석을 시행하였다. 그 결과, 공개입찰 경매방식이 일반적으로 밀봉입찰 경매방식보다 더 높은 낙찰가를 기록하나, 1GHz 미만 대역에 대해서는 밀봉입찰이 더 높은 낙찰가를 기록하는 것을 확인하였는데, 이는 상대적으로 중요성이 높은 해당 대역의 경쟁이 더 치열했던 결과라고 해석하였다.

[표 2-1] 경매방식과 최저경쟁가격의 낙찰가 영향에 관한 선행 실증연구 결과

실증 방식	연구	경매방식	최저경쟁가격
경매 실험	Goeree (2016)	공통의 보충재가 있을 경우 조합클락경매의 낙찰가가 더 높으나 보충재가 중복될 경우는 조합 클락 경매의 낙찰가가 더 낮음	-
	Bichler(2013)	동시오름경매의 낙찰가가 조합클락경매보다 높음	-
경매결과 기반	Madden(2010)	경매방식은 낙찰가에 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않음	최저경쟁가격은 낙찰가에 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않음
	Madden(2015)	패키지 또는 밀봉입찰 경매가 개별 또는 공개입찰 경매보다 낙찰가가 높음	최저경쟁가격이 높을수록 낙찰가가 낮아짐
	임동민(2017)	패키지 또는 밀봉입찰 경매가 개별 또는 공개입찰 경매보다 낙찰가가 높음	최저경쟁가격이 높을수록 낙찰가가 높아짐
	Koutroumpis(2018)	동시오름 경매와 조합 클락 경매의 낙찰가가 최고가격 밀봉입찰 경매 대비 높음	-
	Ihle(2018)	공개입찰 경매가 일반적으로 밀봉입찰 경매보다 낙찰가가 높으나, 1GHz 미만 대역에서는 밀봉입찰 경매의 낙찰가가 더 높음	-

각 연구에서 보완이 필요한 사항을 살펴보면 다음과 같다. Madden(2010, 2015)의 연구결과는 분석대상으로 상대적으로 과거인 3G 세대의 경매 데이터를 활용하였고, 경매 디자인과 관련하여 사용한 독립변수들이 최근에 자주 활용되는 주파수 경매방식을 반영하지 못하였다는 문제가 있다. 또한 유사한 모델 및 데이터를 활용하였음에도 분석 결과가 서로 엇갈리는 문제가 있다. 임동민(2017)의 연구결과 역시 최근의 주파수 경매방식을 제대로 반영하지 않고 있고, 분석대상국 및 경매의 수가 지

나치게 한정되어 연구결과의 일반화에 한계가 있다는 문제점이 존재한다. Koutroumpis(2018)의 연구는 서로 다른 무선통신 기술세대(2G/3G/4G)의 데이터가 혼재할 뿐만 아니라, 경매가 아닌 심사할당 방식에 의한 할당 데이터도 같은 모델에 포함되어 이들 요소가 결과를 왜곡할 가능성이 있다. 그리고 최저경쟁가격과 주파수 보유 한도, 신규사업자를 위한 주파수 유보 여부와 같은 주파수 경매 디자인과 관련된 주요 변수들을 누락한 한계가 있다. 유찰된 경우의 데이터를 포함하였는지도 불분명하다. Ihle(2018)의 연구는 모델에 무선통신 시장 및 경매 디자인과 관련된 다양한 요인들을 통제변수로 포함하지 않은 한계가 존재하며, 경매방식이 아닌 경매방식과 주파수 대역 간의 벡터적 가변수 9개를 독립변수로 삼아 본래 연구의 목적이었던 경매방식과 낙찰가 사이의 관계를 확인하기가 어려운 문제점이 있다. 또한, 본 연구 역시 유찰된 경우의 데이터를 포함하였는지가 Koutroumpis(2018)과 마찬가지로 불명확하다. 이러한 보완점들을 고려할 때, Koutroumpis(2018)와 Ihle(2018)의 연구보다는 경매 디자인 및 무선통신 시장과 관련된 더 많은 변수를 고려하되, Madden(2010, 2015)과 임동민(2017)의 연구보다는 분석대상 경매의 범위를 확장한 종합적인 실증연구를 수행할 필요가 있다.

제3장 연구의 설계

제1절 연구가설 및 변수의 설정

1. 연구문제 및 연구가설

앞에서 살펴본 바와 같이 경매 디자인이 실제로 주파수 경매 낙찰가 및 시장 효율성에 미치는 영향에 대한 다양한 이론이 존재하며 실증연구도 수차례 행해졌으나 그 결론은 서로 엇갈리는 상황이다. 이에 본 연구는 주파수 경매방식과 최저경쟁가격 등의 디자인 요소가 실제로 주파수 경매 낙찰가와 효율성에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보려 하며, 이를 위해 다음과 같이 연구가설을 설정하고자 한다.

먼저, 경쟁자의 입찰 정보를 확인할 수 있는 경매방식(동시오름 경매)이 그렇지 않는 경매방식(조합 클락 경매, 최고가격 밀봉입찰 경매) 대비 낙찰가를 하락시키는지, 오히려 상승시키는지를 검토할 필요가 있다. 기존의 이론상의 연구결과를 보면, 입찰 정보가 공개되는 경매방식이 입찰자의 더 공격적인 입찰을 유도하여 낙찰가를 상승시킨다는 주장도 존재하지만(Cramton 2010), 경쟁자의 입찰 정보를 확인함으로써 발생할 수 있는 공모가 최종 낙찰가를 낮출 수 있다는 주장도 존재한다.(Wenning 2016, Bedard 2020) 여기서는 후자의 주장을 채택하여 조합 클락 경매 또는 최고가격 밀봉입찰 경매방식을 선택했을 때 공모가 제한되며 낙찰가가 높아진다는 가설을 설정한다. 한편, 공모가 어떤 조건에서 특히 활성화되는지를 살펴보면, Klemperer(2002)는 동시오름 경매방식에서는 특히 다른 경쟁자보다 경매 아이템에 높은 가치를 매길 것으로 여겨지는 강한 경쟁자(주로 기존사업자)가 있을 때, 이들이 약한 경쟁자(주로 신규사업자)를 위협하여 경매의 참여를 막거나, 약한 경쟁자가 경매에 참여한다고 하더라도 공모를 통해 빠르게 이탈시키는 포식(Predation)을 수행하기가 더 쉬울 수 있다고 지적하였다. 한편, 주파수 보유 한도 또는 신규사업자를 위한 주파수 유보와 같은 규제는 상기의 이유로 경매 참여를 주저했던 신규사업자가 입찰에 참여하도록 유인하여 경쟁을 활성화하는 효과가 있다.(Cramton 2002, Milgrom 2004) 이러한 요소들을 고려해 설정한 첫 번째 가설은 다음과 같다.

가설 1. 조합 클락 경매 또는 최고가격 밀봉입찰 경매 시 동시오름 경매 시보다 낙찰가가 더 상승한다.

만약 가설 1과 같이 조합 클락 경매 또는 최고가격 밀봉입찰 경매방식을 선택했을 때의 낙찰가가 동시오름 경매방식을 선택했을 때의 낙찰가보다 더 높아진다면,

정부는 경매 수익 극대화를 위해 전자의 경매방식을 선택할 유인이 있다. 그러나 이들 경매방식은 경쟁자의 입찰 정보를 공개하지 않아 승자의 저주가 발생할 가능성이 더 큰 것으로 알려져 있다.(GSMA 2014) 주파수 경매에서 이와 같은 승자의 저주가 발생할 때 주파수의 효율적인 이용에는 지장이 생길 수 있으며 이는 주파수 경매의 또 다른 목적인 효율성의 극대화를 훼손하는 결과로 이어진다. 여기에 더불어, 경매에서 승자의 저주의 발생 가능성은 경매 참여자의 경험이 부족할(Inexperienced Bidder) 때 더 커진다.(Kagel 2009) 이러한 요소들을 고려하여 주파수 경매방식이 경매 효율성에 미치는 영향과 관련된 가설을 설정하면 다음과 같다.

가설 2. 조합 클락 경매 또는 최고가격 밀봉입찰 경매에서는 승자의 저주가 동시오름 경매에서보다 더 많이 발생한다.

한편, 최저경쟁가격이 경매결과에 미치는 영향 역시 검토해 볼 필요가 있다. 최저경쟁가격은 주파수 낙찰가의 최저한도를 설정하여 입찰자가 지나치게 낮은 가격에 주파수를 낙찰해가는 것을 막는다. 그러나, 최저경쟁가격이 지나치게 높은 수준으로 설정될 경우 주파수 경매에의 참여를 위축시키는 결과로 이어질 수 있다. 이 경우 소수의 사업자에게로 주파수가 집중되어 결과적으로 무선통신 시장의 경쟁을 훼손할 수 있다. 이를 검증하기 위하여 다음과 같은 가설을 설정한다.

가설 3. 최저경쟁가격이 높을수록 입찰 참여자 수는 줄어든다.

또한, 최저경쟁가격은 경매 이론에 따르면 지나치게 낮은 할당가에 경매가 종료되도록 하는 공모를 차단하여 낙찰가를 상승시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 특히 입찰자 수가 적을 때 이러한 효과가 극대화된다. 그러나, 입찰자 수가 많아 충분한 입찰 경쟁이 발생할 수 있을 때는 그 효과가 반감될 수 있다.(Klemperer 2002, McMillan 1994) 이에 따라, 본 연구에서는 최저경쟁가격이 낙찰가에 미치는 영향을 확인하기 위하여 다음과 같은 가설을 설정한다.

가설 4. 최저경쟁가격이 높을수록 낙찰가가 상승한다.

2. 변수설정

본 연구는 OECD 31개국에서 52차례 수행되었던 4G 주파수 경매의 138개 개별 경매의 데이터를 대상으로 시행한다. 진행된 경매건 138개 중 115개가 낙찰되었고, 23개는 유찰되었다.

[표 3-1] 분석대상 경매

국가	분류	경매 연도	개별 경매 (낙찰/유찰 수)	경매방식
오스트리아	선진국/유럽	2010년	1(1/0)	CCA
오스트리아	선진국/유럽	2013년	3(3/0)	CCA
벨기에	선진국/유럽	2013년	1(1/0)	SMRA
스위스	선진국/유럽	2012년	10(7/3)	CCA
체코	선진국/유럽	2013년	5(3/2)	SMRA
체코	선진국/유럽	2016년	2(2/0)	SMRA
체코	선진국/유럽	2017년	1(1/0)	SMRA
독일	선진국/유럽	2010년	4(4/0)	SMRA
독일	선진국/유럽	2015년	4(4/0)	SMRA
덴마크	선진국/유럽	2010년	2(1/1)	CCA
덴마크	선진국/유럽	2010년	2(2/0)	SMRA
덴마크	선진국/유럽	2016년	1(1/0)	SMRA
스페인	선진국/유럽	2011년	5(4/1)	SMRA
스페인	선진국/유럽	2011년	3(2/1)	SMRA
핀란드	선진국/유럽	2013년	1(1/0)	SMRA
핀란드	선진국/유럽	2016년	1(1/0)	SMRA
프랑스	선진국/유럽	2011년	1(1/0)	FPSBA
프랑스	선진국/유럽	2011년	1(1/0)	FPSBA
프랑스	선진국/유럽	2015년	1(1/0)	SMRA
영국	선진국/유럽	2013년	2(2/0)	CCA
그리스	선진국/유럽	2011년	1(1/0)	CCA
그리스	선진국/유럽	2014년	1(1/0)	CCA
아일랜드	선진국/유럽	2012년	3(3/0)	CCA
아이슬란드	선진국/유럽	2017년	4(4/0)	SMRA
이탈리아	선진국/유럽	2011년	4(3/1)	SMRA
리투아니아	선진국/유럽	2013년	1(1/0)	SMRA
리투아니아	선진국/유럽	2016년	1(1/0)	CCA
라트비아	선진국/유럽	2012년	2(1/1)	SMRA
라트비아	선진국/유럽	2013년	1(1/0)	SMRA
네덜란드	선진국/유럽	2010년	3(2/1)	CCA
네덜란드	선진국/유럽	2012년	7(7/0)	CCA
노르웨이	선진국/유럽	2013년	4(3/1)	FPSBA
노르웨이	선진국/유럽	2017년	1(1/0)	SMRA
포르투갈	선진국/유럽	2011년	9(4/5)	SMRA
슬로베니아	선진국/유럽	2014년	8(6/2)	CCA
슬로베니아	선진국/유럽	2016년	2(2/0)	SMRA
스웨덴	선진국/유럽	2008년	1(1/0)	SMRA
스웨덴	선진국/유럽	2011년	1(1/0)	SMRA
스웨덴	선진국/유럽	2011년	1(1/0)	SMRA
스웨덴	선진국/유럽	2016년	1(1/0)	FPSBA
호주	선진국/아태지역	2013년	3(2/1)	CCA
호주	선진국/아태지역	2017년	1(1/0)	SMRA
뉴질랜드	선진국/아태지역	2007년	1(1/0)	SMRA
뉴질랜드	선진국/아태지역	2014년	1(1/0)	CCA
한국	선진국/아태지역	2011년	3(3/0)	SMRA
한국	선진국/아태지역	2013년	2(2/0)	SMRA

한국	선진국/아태지역	2016년	4(3/1)	SMRA
콜롬비아	개발도상국	2010년	1(1/0)	SMRA
헝가리	개발도상국	2014년	5(4/1)	CCA
헝가리	개발도상국	2016년	2(2/0)	SMRA
폴란드	개발도상국	2015년	2(2/0)	SMRA
터키	개발도상국	2015년	6(5/1)	FPSBA

대상 국가의 범위를 지나치게 확대할 경우 경매 디자인 요소 및 무선통신 시장의 특성을 나타내는 요소들 외의 측정이 어려운 개별 국가의 특성이 반영될 여지가 커질 수 있어 OECD 국가의 경매 데이터를 분석대상으로 삼아 대상 국가 간에 일정 수준의 동질성을 확보하고자 하였다.

또한, 대부분의 주요국에서 전국 단위의 주파수 경매를 시행하고 있으나, 미국 · 호주 · 캐나다와 같이 국토가 넓은 국가들의 경우 개별 주 또는 더 작은 지역 단위별로 주파수 경매를 시행하는 경우가 있다. 이 경우 전국사업자와 지역사업자가 혼재한 상황 속에서 경매가 시행되며, 인접 지역의 면허가 서로 보완재가 되는 현상이 발생하므로 전국 단위 경매와는 그 양상이 크게 달라질 수 있다. 따라서 지역 단위로 경매가 이루어진 경우는 분석대상에서 제외하였다.

그리고 4G 주파수 경매로 분석대상을 한정하였다. 그 이유는, 각 무선통신 기술세대별로 기술 특성에 따라 제공 가능한 서비스의 양상이 달라지고 이로 인해 기대수익에도 변화가 발생하므로, 서로 다른 무선통신 기술세대의 경매가를 비교하는 것은 부적절할 수 있기 때문이다. 분석대상 4G 주파수 경매를 정리한 결과는 [표 3-1]과 같다.

본 연구의 경우, 가설 1, 4와 가설 2, 가설 3의 검증을 위해서는 각기 별도의 회귀분석을 필요로 하므로, 가설별로 종속/독립/통제변수를 별도로 기술한다.

(1) 가설 1, 4의 검증을 위한 변수들

1) 종속변수

가설 1과 4의 경우 개별 밴드플랜의 낙찰가가 종속변수가 될 것이나, 통상 낙찰가는 경매가 이루어진 국가의 인구수 및 경매대상 주파수의 대역폭과 높은 상관관계를 보이기 때문에 이를 직접 분석의 대상으로 삼기는 부적절하다. 이에, 다수의 선행연구 및 관련 분석기관, 주요국의 규제 당국은 낙찰가를 인구수 및 주파수 대역폭으로 나눈 값을 비교 대상으로 많이 활용하고 있다. 본 연구도 개별 경매의 낙찰가를 인구수 및 주파수 대역폭으로 나눈 값을 종속변수로 활용한다. 단, 개별 국가의 통화로 측정된 낙찰가를 해당 시점의 미국 달러가치로 환산하여, 여기에 다시

2017년을 기준으로 물가상승에 따른 연도별 화폐가치 변화를 반영한 값을 종속변수로 삼는다. 또한, 국가 간, 시점별 차이의 보정을 위해 앞의 종속변수에 PWT(Penn World Table)의 구매력지수(PPP, Purchasing Power Parity)를 적용하여 보정한 값을 또 다른 종속변수로 삼아 두 개의 분석모형을 그린다. 단, 전자의 값을 종속변수로 적용한 분석모형에서는 PPP를 통제변수로 포함할 것이다.

또한, 경매 건별로 주파수 이용 기간이 상이하여 이를 보정할 필요가 있다. dotecon의 주파수 가치 벤치마킹 보고서에서는 주파수 낙찰가를 이용기간 20년인 주파수 이용료의 현재가치로 일괄적으로 변환하는 방법을 택하였는데(dotecon 2013), 변환 공식은 다음과 같다.

$$\text{주파수 이용료}_{20\text{년}} = \text{주파수이용료}_{D\text{년}} \times \sum_{t=0}^{19}\left(\frac{1}{1+WACC}\right)^t \Big/ \sum_{t=0}^{D-1}\left(\frac{1}{1+WACC}\right)^t$$

이 경우 WACC의 설정이 문제되는데, NYU Stern의 Aswath Damodaran 교수가 계산하여 공개한 지역/연도별 통신 서비스 산업의 WACC 값을 인용하였다.[1] 단, 이 페이지의 경우 미국/유럽/이머징 지역으로 나누어 WACC를 계산하였으나 미국 외 지역의 경우 2013년 이후의 WACC 값이 공개되지 않아 2013~2019년 간 미국과 다른 지역 간의 WACC 차이 평균을 산출하여 이를 2007~2012년 사이의 미국 지역 WACC에 더해 재추정하였다.

또한, 조합 클락 경매의 경우 경매구조의 특성상 입찰자별 낙찰가는 공개되어도 개별 대역에 대한 낙찰가는 공개되지 않는 문제가 있다. 이들 방식 경매의 경우, 개별 대역의 낙찰가가 공개되는 방식(동시오름입찰/비공개 입찰)을 통해 이루어진 경매의 낙찰가를 대상으로 삼아 주파수 대역을 1GHz 이하/1GHz 초과~1.8GHz 이하/1.8GHz 초과로 나누어 대역 분류별로 동일 주파수 대역폭 및 인구 수당 가치의 평균을 구하고, 이를 통해 대역별 가치의 비율을 구한 후 이를 다시 조합 클락 경매 방식 경매의 전체 낙찰가에 적용하여 대역별 가치를 추정한다.

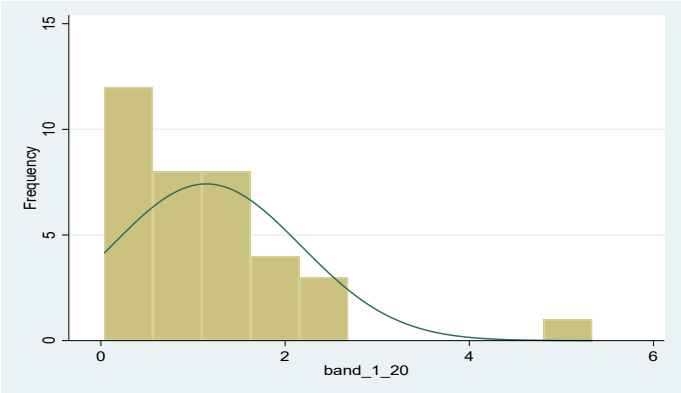
대역별 가치 계산에 활용된 경매 데이터는 28개국에서 59회 치러진 101건의 개별 경매 낙찰가 데이터로 대역별 기술통계분석 결과는 다음과 같다.

[표 3-2] 대역별 가치 계산에 활용된 낙찰가 데이터의 기술통계분석 결과

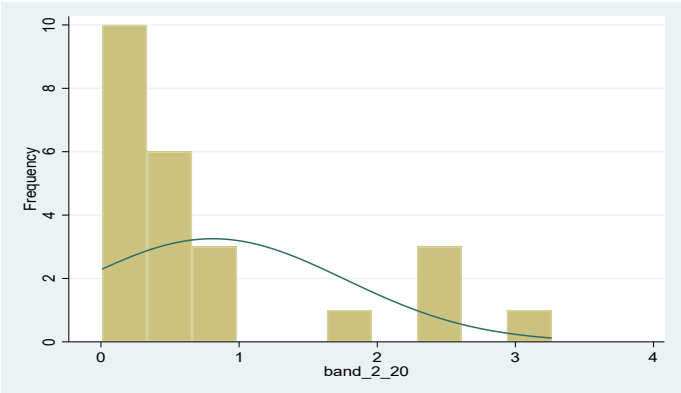
대역 분류	개수	평균	중간값	표준편차	최소값	최대값
1GHz 이하	36	1.14	1	1.03	.03	5.34
1GHz 초과 ~1.8GHz 이하	24	.81	.41	.96	.01	3.26
1.8GHz 초과	41	.22	.09	.33	0	1.24

1) http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/dataarchived.html#discrate

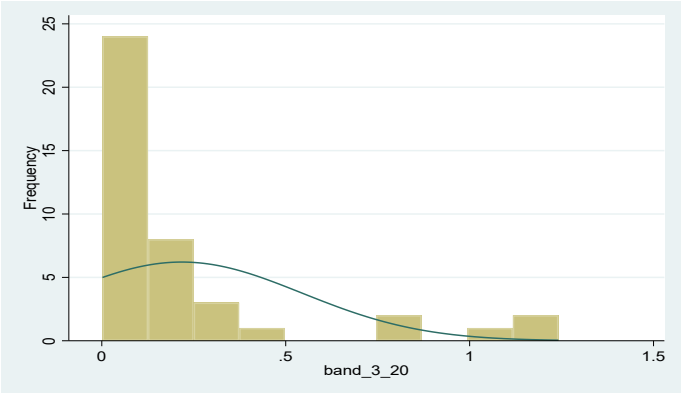
[그림 3-1] 1GHz 이하 대역 낙찰가 데이터의 히스토그램



[그림 3-2] 1GHz 초과~1.8GHz 이하 대역 낙찰가 데이터의 히스토그램



[그림 3-3] 1.8GHz 초과 대역 낙찰가 데이터의 히스토그램



2) 독립변수

가설 1을 설명하기 위해서 경매방식을 나타내는 가변수를 설정한다. 동시오름 경매를 기본으로 놓고, 조합 클락 경매와 최고가격 밀봉입찰 경매를 시행했음을 의미하는 가변수를 설정한다.

[표 3-3] 가설 1의 설명을 위한 독립변수

경매방식	SMRA	CCA	FPSBA
관측치 수	72	51	15
가변수명	기본	dum_format_2	dum_format_3

가설 4의 독립변수인 최저경쟁가격의 경우, 종속변수 설정 시와 마찬가지로 개별 경매의 낙찰가를 인구수 및 주파수 대역폭으로 나눈 값을 독립변수로 설정하였으며, 연도별 화폐가치 변화를 반영하여 이용기간 20년을 기준으로 한 현재가치로 변환한다. 단, 각 모델에서의 종속변수의 PPP 보정 여부에 따라 최저경쟁가격 역시 PPP 보정을 거친 값과 달러가치를 그대로 적용한 값을 각각 활용한다.

3) 통제변수

상기의 가설 1, 4의 경우 독립변수로 반영된 경매방식 등의 요소들뿐만 아니라 밴드플랜, 망 구축의무와 같은 다른 경매 디자인 요소, 무선통신 기술의 특성과 해당 주파수 경매가 진행된 국가의 무선통신 시장과 인구통계 및 사회경제적 특성도 낙찰가에 영향을 미칠 수 있다. 여기서는 경매 디자인 관련 요소, 무선통신 기술의 특성. 무선통신 시장의 특성, 물리 및 사회경제적 특성으로 나누어 주파수 낙찰가에 영향을 미칠 수 있는 요소를 검토하고, 이를 통제변수로 포함하고자 한다.

① 경매 디자인 관련 요소

주파수 경매의 낙찰가에 영향을 미칠 수 있는 다른 경매 디자인 관련 요소로는 밴드플랜과 망 구축의무, 주파수 보유 한도 및 주파수 유보 여부가 있다.

밴드플랜의 경우 경매대상 주파수를 더 많은 블록으로 나누는 것이 입찰자 수가 고정된 상황에서는 낙찰가를 낮출 수 있으나, 더 많은 입찰자 수를 유도하는 경우에는 경쟁을 촉진하여 낙찰가를 높일 수 있다는 것이 이론의 입장이다. (Milgrom, 2004) 이와 함께 선행 연구(Maddens 2015, 임동민 2017)를 참조하여, 개별 대역의 입찰자 수를 해당 대역의 블록 수로 나눈 값을 통제변수로 삼았다.

망 구축의무는 해당 주파수 면허의 가치에 부정적인 영향을 미친다는 것이 이론의 입장이다.(Lopez 2017, Alden 2012) 이에 따라, 인구의 50% 이상의 커버리지 구축을 요구한 경우를 1, 50% 미만의 커버리지 구축을 요구한 경우를 0으로 구분하는 범주형 변수를 통제변수에 포함한다.

주파수 보유 제한을 설정하거나, 일부 주파수를 신규사업자용으로 유보한 경우도 입찰 경쟁에 영향을 미칠 수 있으므로 주파수 보유 제한 또는 신규사업자를 위한

주파수 유보 설정 시 1, 그렇지 않을 경우를 0으로 구분하는 범주형 변수를 통제변수로 포함한다.

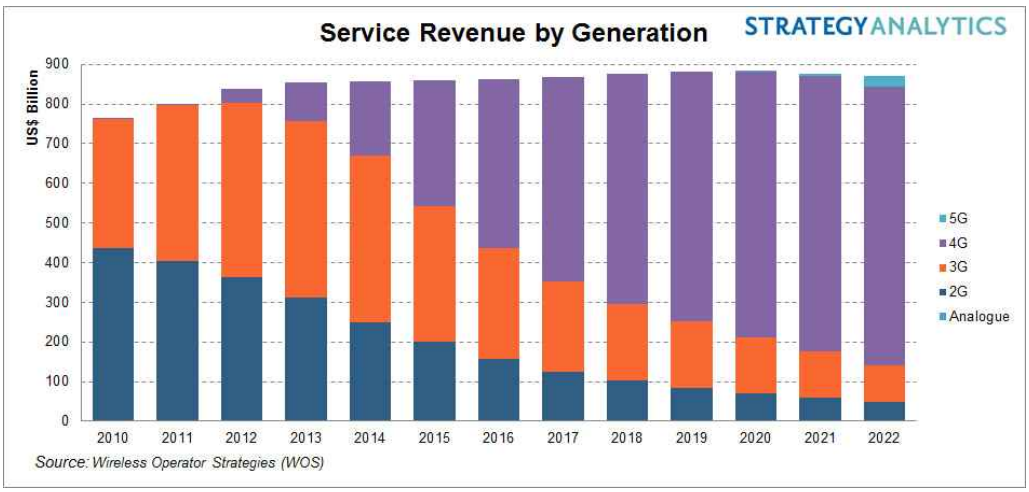
또한, 주파수를 유보하여 신규사업자 또는 점유율 하위 사업자만이 경매에 참여하게 한 경우를 1, 그렇지 않을 경우를 0으로 구분하는 범주형 변수를 통제변수로 포함한다.

② 무선통신 기술 관련 요소

무선 주파수는 주파수 대역이 낮을수록 전파성이 좋아지는 특징이 있으며, 이는 더 적은 기지국으로 동일한 무선 커버리지를 확보할 수 있게 하는 장점으로 이어진다. 반면에 주파수 공급량의 경우 고대역의 경우가 더 많기 때문에, 같은 폭의 주파수라도 저대역에 위치한 주파수의 가치가 더 높아지는 결과로 이어진다.(GSMA 2017) 4G에 들어 사용되는 무선 주파수는 과거 아날로그 TV 방송용으로 사용되던 800MHz 인접 대역과, 4G에 들어와 주 대역으로 부상한 1800MHz 인접 대역, 주로 도심지역 용량 확보를 위해 이용되는 2600MHz 인접 대역으로 나뉘며, 대역별 가치는 800MHz>1800MHz>2600MHz의 순으로 높게 나타나고 있다.(Arthur D. Little 2012) 이 연구에서는 경매대상 주파수 대역이 1.8GHz보다 높은 경우 1, 그 외의 경우를 0으로 삼는 범주형 변수를 통제변수로 포함한다.

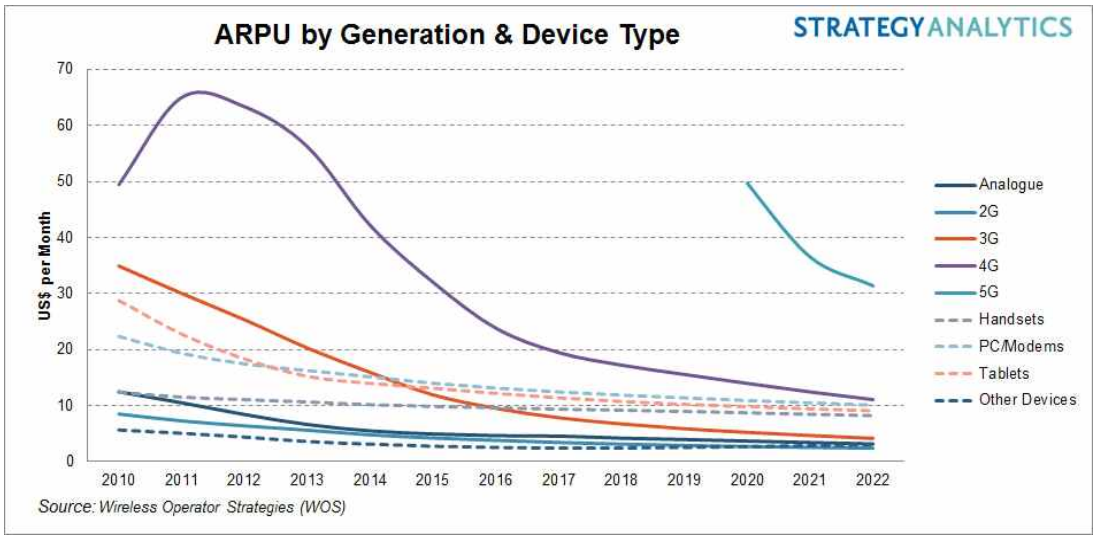
또한, 무선통신 기술의 경우 한 세대의 기술이 지속해서 같은 수준의 매출을 창출하기보다 도입된 후 일정 시간이 지난 후 다음 세대의 기술이 등장하며 점차 창출하는 수익이 줄어드는 경향을 보인다. Startegy Analytics가 2016년에 2010-2022년 사이 무선통신 기술세대별 서비스 매출과 1인당 매출을 분석한 결과를 살펴보면 이를 실증적으로 확인할 수 있는데, 4G의 확산과 함께 해당 기술세대 매출이 성장하며, 1인당 매출의 경우 4G의 도입 초기 높은 수치를 보이다 점차 줄어드는 반면, 3G의 매출/인당 매출은 4G의 확산과 함께 감소함을 확인할 수 있다.

[그림 3-4] 무선통신 기술 세대별 서비스 매출



출처 : Strategy Analytics, 2016

[그림 3-5] 무선통신 기술 세대별 인당 매출



출처 : Strategy Analytics, 2016

이를 고려하면 같은 4G 용도로 주파수를 할당받아 이용한다고 하더라도 기술 도입 후기보다는 초기에 이를 획득하여 활용하는 경우의 주파수 가치가 더 높을 수 있다. 경매 연도를 통제변수에 포함할 경우 이러한 도입 시기에 따른 변화를 반영할 수 있다. 이와는 별도로 년도를 범주형 통제변수로 포함한 별도 모델을 통한 분석도 진행하여 두 모델 사이의 결과값을 비교해보도록 한다.

③ 무선통신 시장 관련 요소

사업자가 주파수를 통해 얻을 수 있는 기대수익에서 비용을 제외한 값이 각 사업자가 해당 주파수에 부여하는 잠재적 가치라는 점을 고려하면 해당국의 무선통신 시장과 관련된 요소 역시 주파수 낙찰가에 의미 있는 영향을 미칠 수 있다. 선행연구(Madden 2015, 임동민 2017) 역시 무선시장과 관련된 요소들을 회귀분석에 반영하였다.

먼저, 무선 매출에 직접적인 영향을 주는 요소라 한다면, ARPU(Average Revenue Per User)와 무선통신 점유율이 있을 것이다. ARPU의 경우 가입자 1인당 1개월에 얻는 평균 수익을 환산한 값이며, 무선통신 점유율의 경우 전체 인구 대비 무선통신을 이용 중인 사람의 비율이다.

여기서는 GSMA Intelligence의 각국의 해당 연도 가입자당 ARPU 및 무선통신 점유율을 활용하며, ARPU에 12를 곱한 값에 무선통신 점유율을 곱해 구한 1인당 연간 기대 매출을 통제변수로 삼아 분석 모델에 포함한다. 단, ARPU의 경우 물가 상승률 및 인플레이션 보정을 거친 값을 활용한다.

무선통신 시장의 경쟁 상황 역시 낙찰가에 영향을 미칠 수 있는 요소이다. 선행

연구(Madden 2015, 임동민 2017)의 경우 기존사업자 수를 활용하였는데, 본 연구에서는 사업자 수 뿐만 아니라 점유율 분포를 반영하는 사업집중도를 나타내는 지표인 HHI(Herfindahl-Hirschman Index)를 이용한다. 이 지표는 해당 무선통신 시장의 시장집중도 수준을 의미하는데, 수치가 클수록 시장지배적 사업자의 독점/과점 정도가 크고, 경쟁수준이 낮음을 의미한다. HHI 수치의 경우 GSMA Intelligence의 연도/국가별 HHI 자료를 적용하였다.

④ 물리 및 사회경제적 특성

주파수 가치에는 해당 국가의 지리와 같은 물리적 특성(Physical factors), 인구수, 인구밀도, 수입 등의 사회경제적 특성도 영향을 미칠 수 있다.(Alden 2012)

인구수, 수입의 경우 이미 종속변수에 반영되어 있으므로 지역 및 인구밀도의 반영 방법을 검토한다.

지역변수의 경우 경제적 여건과 지리적 위치를 모두 고려하여 IMF의 2017년도 World Economic Outlook에서 Emerging Economy로 분류된 국가와, Advanced Economy로 구분된 국가 중 유럽 지역에 위치한 국가와 아시아태평양 지역에 위치한 국가를 각각 구분하는 범주형 변수를 설정하였다.

인구밀도가 높을수록 네트워크를 보다 비용효율적으로 구축할 수 있는 장점이 있다.(Alden 2012) 본 연구에서는 OECD의 제곱킬로미터당 인구수 데이터를 그대로 적용하였다.

또한, 앞서 종속변수에서 설명한 대로 대역별 낙찰가의 달러 환산 가치를 그대로 종속변수로 활용하는 모델의 경우 PWT의 연도/국가별 1인당 PPP 값을 통제변수로 포함하였다.

(2) 가설 2의 검증을 위한 변수들

1) 종속변수

과거 주파수 경매에서 승자의 저주가 발생하였는지 또는 효율성이 손상되었는지를 실증적으로 확인하려 한 다수의 선행연구가 존재한다. Bail(2003)은 영국 3G 주파수 경매를 분석대상으로 삼아 실물옵션(Real option)의 가치를 계산하여 낙찰가와 비교한 결과, 승자의 저주가 발생하지 않았다는 결론을 얻었고, Lee(2013)는 한국의 첫 LTE 주파수 경매를 분석대상으로 삼아 경매 시기의 주식 가치의 변동을 기준으로 평가한 결과 승자의 저주가 확인되지 않았다고 주장하였다. Fox(2013)는 1995년의 미국 FCC C블록 경매를 분석대상으로 삼아 경매결과가 두 입찰자가 면허를 교환하여도 추가적인 잉여가 발생하지 않는 Pairwise stability 조건에 있는지를 기준으로 하여 경매의 효율성을 평가하였다.

Bail(2003) 및 Lee(2013)의 방법론은 분석에 주파수 경매 전후의 무선통신 시장 데이터를 필요로 하나 분석대상으로 삼은 경매들 모두에 대하여 이러한 데이터를 획득하기 어렵고, Fox(2013)의 방법론의 경우 미국과 달리 주파수 거래가 활성화되지 않은 나라들이 많다. 따라서, 본 연구는 개별 경매에서 승자의 저주가 발생한 경우를 점유율 하위 사업자 또는 신규사업자가 점유율 상위 사업자 또는 기존사업자보다 더 많은 주파수를 경매에서 획득한 경우로 정의하기로 하였다. 이는 무선 트래픽이 통상 가입자 수에 비례하기 때문에 가입자를 더 많이 확보한 사업자가 더 많은 주파수를 활용할 수 있으며, 따라서 하위 사업자가 상위 사업자보다 더 많은 주파수를 획득했다면 이들이 주파수 가치를 합리적인 수준을 넘어 과다하게 산정했거나, 상위 사업자가 주파수 가치를 과소 산정했을 개연성이 크기 때문이다. 두 경우 모두 시장 전체로 보았을 때 비효율을 발생시킨다.

단, 주파수 유보로 인하여 신규사업자만이 경매에 참여한 경우와 입찰자가 없어 유찰된 경우는 분석대상에서 제외하였다.

2) 독립변수

동시오름 경매(SMRA), 조합 클락 경매(CCA)와 최고가격 밀봉입찰 경매(FPSBA) 각각의 경매방식을 나타내는 가변수를 설정하되, 승자의 저주의 발생 여부의 경우 신규사업자 참여 여부에도 큰 영향을 받을 수 있으므로 이의 상호작용을 반영한 가변수를 설정한다. 기준 상태를 기존사업자만이 참여하는 동시오름 경매로 놓고, 기존사업자만이 참여하는 조합 클락 경매(dum_format_2_i)와 최고가격 밀봉입찰 경매(dum_format_3_i), 신규사업자가 참여하는 조합 클락 경매(dum_format_2_n)와 최고가격 밀봉입찰 경매(dum_format_3_n)를 의미하는 가변수를 독립변수로 설정한다.

[표 3-4] 가설 2의 설명을 위한 독립변수

신규사업자 참여 여부	SMRA	CCA	FPSBA
기존사업자만 참여 시	기본 (43건)	dum_format_2_i (32건)	dum_format_3_i (6건)
신규사업자 참여 시	dum_format_1_n (13건)	dum_format_2_n (7건)	dum_format_3_n (7건)

3) 통제변수

앞서 설정한 가변수 중 신규사업자가 참여하는 동시오름 경매를 나타내는 가변수(dum_format_1_n)는 통제변수가 된다.

경매 참여자가 모두 합리적으로 판단한다면 승자의 저주는 일어나지 않으며, 경매 경쟁이 치열할수록 승자의 저주 빈도는 증가하는 것으로 알려져 있다.(Thaler 1992) 따라서 경매 참여자들의 가치 판단에 도움이 되는 추가적인 정보를 제공할 수 있는 최저경쟁가격과 기존사업자 수와 같은 경매 디자인 요소 및 경쟁수준(참여자/블록

수)과 주파수 보유 한도 또는 주파수 유보 설정 여부와 같은 경매 경쟁에 영향을 주는 경매 디자인 요소를 통제변수로 포함한다. 또한, 주파수 대역, 시장 집중도(HHI), 경제권, 경매 연도와 같은 승자의 저주에 영향을 미칠 수 있는 경매 외적 변수도 통제변수로 포함한다.

(3) 가설 3의 검증을 위한 변수들

1) 종속변수

각 경매의 참여자 수, 즉 입찰자 수를 종속변수로 삼는다. 단, 주파수 유보에 의해 신규사업자만이 경매에 참여한 경우는 분석대상에서 제외한다.

2) 독립변수

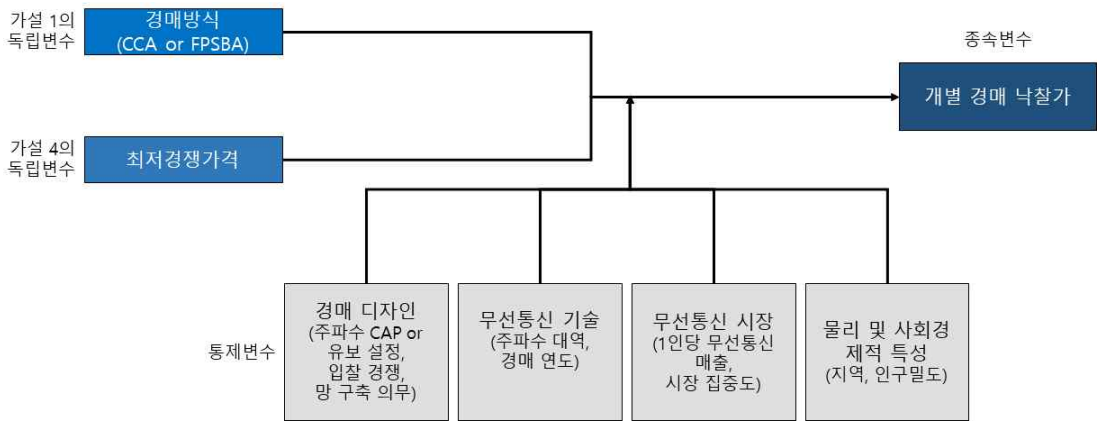
각 경매의 최저경쟁가격을 독립변수로 삼는다.

3) 통제변수

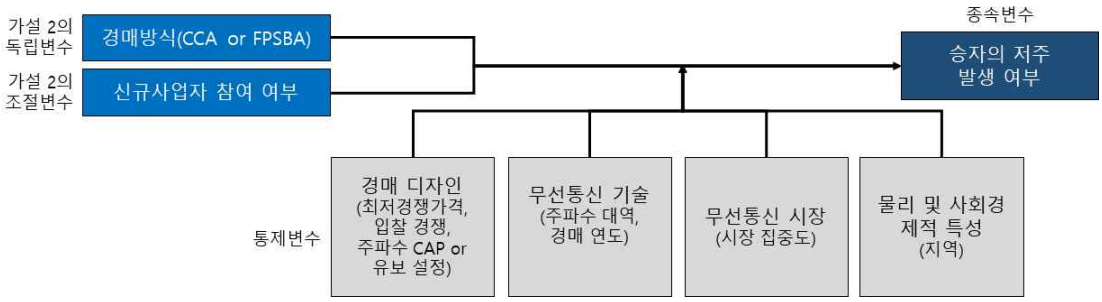
경매 참여 여부에 영향을 미칠 수 있는 경매 디자인, 무선통신 기술 및 시장 관련 요소, 물리적 및 사회경제적 특성을 종속변수로 삼는다. 구체적으로는 경매 디자인의 경우 주파수 보유 한도 또는 주파수 유보 설정 여부, 망 구축의무 수준을 통제변수로 삼고, 무선통신 기술 및 시장 관련 요소의 경우 주파수 대역(1.8GHz 이상)과 경매 연도 및 시장 집중도(HHI), 물리적 및 사회경제적 특성의 경우 경제권 및 인구밀도, 1인당 PPP를 통제변수로 삼는다.

각 가설 및 종속, 독립, 통제변수를 분석 틀로 그리면 다음과 같다.

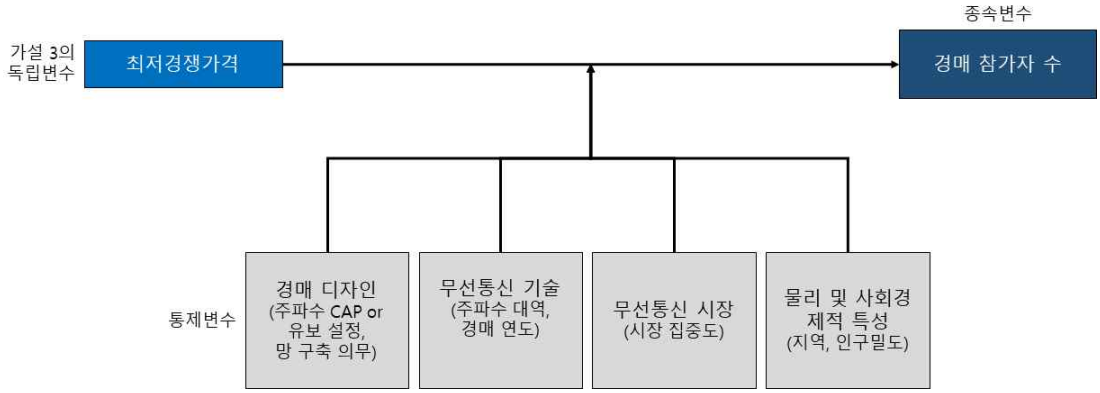
[그림 3-6] 가설 1, 4의 분석 틀



[그림 3-7] 가설 2의 분석 틀



[그림 3-8] 가설 3의 분석 틀



제2절 분석모형의 설정

1. OLS 회귀분석

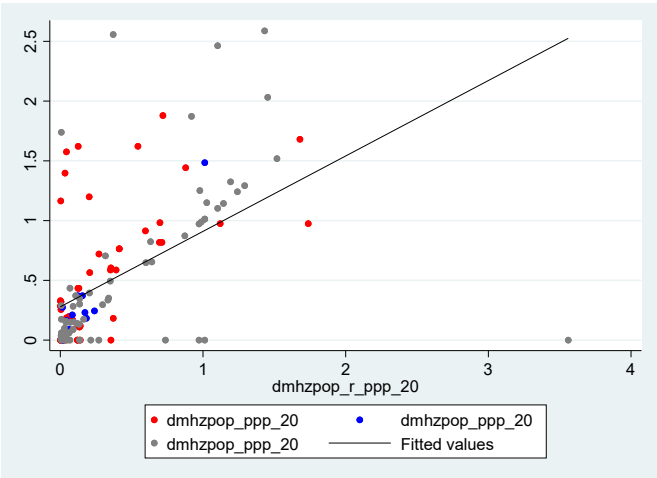
가설 1, 3, 4의 경우 상기에서 언급한 종속변수와 독립 및 통제변수를 기반으로 OLS 회귀분석을 시행한다. 종속변수에 PPP 보정을 가한 값과 가하지 않은 값을 종속변수로 각 독립 및 통제변수에 대하여 회귀분석을 시행한다. 단, 연도 변수의 경우 연속형으로 포함한 모델과 범주형으로 포함한 모델 각각에 대하여 회귀분석을 시행한다. 또한, 각 국가에서 시행된 경매가 서로 독립적이지 않을 가능성을 고려하기 위해 연도 변수를 범주화하고 경매 시행 국가를 클러스터 변수로 삼은 클러스터 표준오차 분석을 함께 시행한다.

2. Tobit 분석

가설 1, 4의 경우 경매결과 데이터의 경우 참여자가 주파수에 대해 책정하는 가치가 최저경쟁가격에 미달하는 경우 유찰로 인해 낙찰가가 0을 기록하게 되는 특성을 가진다. 선행 연구의 경우 이를 이유로 Tobit Model을 이용하여 경매 데이터를 분석하고 있다.

본 연구 대상 데이터의 경우에도 유찰로 인해 낙찰가가 0으로 형성된 관측치가 23개로 전체 관측지 134개 중 17%를 차지하여 OLS 분석 시 결과가 왜곡될 가능성이 있다. 경매가를 Y, 최저경쟁가격을 X에 놓고 그린 산포도를 그려보면 Y가 0인 관측값이 모델에 포함되면서 상관관계 직선이 아래쪽으로 왜곡되는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 본 연구에서도 Tobit Model을 활용하여 최저경쟁가격을 기준으로 Left censing을 실시해 추정치를 구한다. OLS 회귀분석을 함께 시행하여 결과를 비교하도록 한다.

[그림 3-9] 낙찰가(Y)와 최저경쟁가격(X) 간 산포도



※ 회색 점은 SMRA/붉은 점은 CCA/파란 점은 FPSBA 경매방식에 따른 관측값을 의미

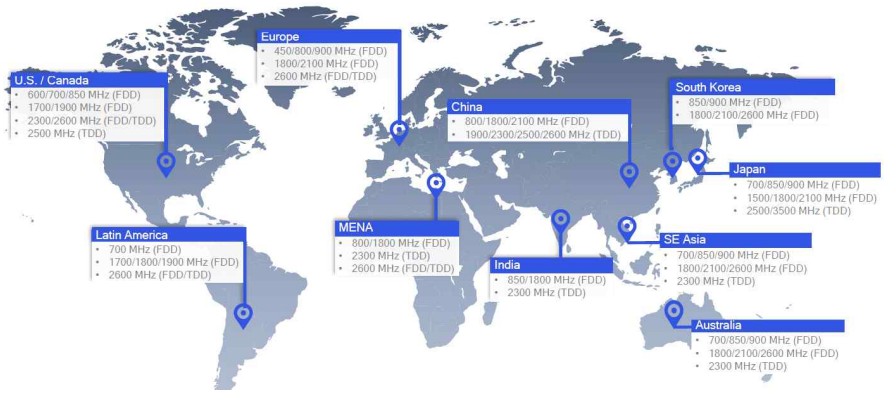
3. Logit 분석

가설 2의 경우 종속변수가 승자의 저주 발생 여부를 나타내는 범주형 변수이므로 Logit 분석을 통해 가설을 검증할 필요가 있다. 이 경우 분석 모델의 각 계수는 발생 여부에의 기여 수준을 의미하게 된다. 1. 의 분석과 마찬가지로 연도 변수를 연속형으로 포함한 모델과 범주형으로 포함한 모델, 연도를 범주화하고 경매 시행 국가를 클러스터 변수로 삼은 클러스터 표준오차 분석을 각각 시행한다.

4. 가중치 부여 회귀분석

본 연구의 경우 개별 경매 건을 관측점으로 삼아 회귀분석을 시행하고 있으나 각 관측점의 중요도는 같지 않을 수 있다. 여기서는 개별 경매의 주파수 할당 폭을 가중치로 삼아 상기 분석들에 대한 가중치 분석을 추가로 시행해 본다. 주파수 할당 폭을 가중치로 삼은 이유는 이동통신 각 세대의 기술표준 및 장비의 개발이 국제적으로 이루어져 이용 가능한 주파수의 범위가 국가별로 유사하기 때문이다.

[그림 3-10] Global 4G LTE spectrum landscape



출처 : Qualcomm(2020)

제4장 분석 결과

제1절 기술통계분석

경매 디자인, 무선통신 기술 및 시장, 물리 및 사회경제적 특성 범주별로 변수들의 기술통계 분석을 시행하였다.

1. 경매 디자인 관련 변수

먼저, 가설 1, 4의 종속변수인 낙찰가에 대한 기술통계분석을 시행하였다. 먼저 PPP 보정 후의 낙찰가 평균은 0.51, 표준편차는 0.61로 나타났으며, PPP 보정 전의 낙찰가 평균은 0.35, 표준편차는 0.42로 나타났다. 낙찰가의 경우 평균 대비 표준편차의 크기가 커 변동폭이 넓은 것으로 보인다. 단, 주파수 대역을 통제할 경우 결과는 달라진다. PPP 보정 후를 기준으로 1.8GHz 이하 대역의 낙찰가 평균은 0.74, 표준편차는 0.66이며 1.8GHz 초과 대역의 낙찰가 평균은 0.17, 표준편차는 0.28이다. PPP 보정 전을 기준으로 1.8GHz 이하 대역의 낙찰가 평균은 0.50, 표준편차는 0.44이며 1.8GHz 초과 대역의 낙찰가 평균은 0.11, 표준편차는 0.18이다. 이를 볼때 1.8GHz 이하 저대역에서는 상대적으로 변동폭이 좁은 것을 확인할 수 있으며, 1.8GHz 이하 저대역과 1.8GHz 초과 고대역에서의 낙찰가 차이가 커 이를 통제변수로 포함할 필요가 있음을 확인할 수 있다.

[표 4-1] 낙찰가에 대한 기술통계분석

낙찰가	평균	중간값	표준편차	최소	최대
낙찰가($)/Mhz/Pop (PPP 보정 후)	.51	.27	.61	0	2.59
낙찰가($)/Mhz/Pop (1.8GHz 이하, PPP 보정 후)	.74	.60	.66	0	2.59
낙찰가($)/Mhz/Pop (1.8GHz 초과, PPP 보정 후)	.17	.06	.28	0	1.24
낙찰가($)/Mhz/Pop (PPP 보정 전)	.35	.19	.42	0	2.22
낙찰가($)/Mhz/Pop (1.8GHz 이하, PPP 보정 전)	.50	.44	.45	0	2.22
낙찰가($)/Mhz/Pop (1.8GHz 초과, PPP 보정 전)	.11	.04	.18	0	0.81

가설 3, 4의 독립변수인 최저경쟁가격에 대한 기술통계분석을 시행하였다. 먼저 PPP 보정 후의 최저경쟁가격 평균은 0.37, 표준편차는 0.51이며 PPP 보정 전의 최저경쟁가격의 평균은 0.2, 표준편차는 0.25이다.

[표 4-2] 최저경쟁가격에 대한 기술통계분석

최저경쟁가격	평균	중간값	표준편차	최소	최대
최저경쟁가격($)/MHz/Pop (PPP 보정 후)	.37	.13	.51	0	3.56
최저경쟁가격($)/MHz/Pop (PPP 보정 전)	.2	.1	.25	0	1.67

밴드플랜 관련 변수의 기술통계분석을 시행하였다. 경매 참여자 수의 평균은 2.91, 표준편차는 1.93, 블록 수의 평균은 5.83, 표준편차는 5.33이며, 경매 참여자 수를 블록 수로 나눈 경쟁수준의 평균은 0.72, 표준편차는 0.62로 나타났다.

[표 4-3] 밴드플랜 관련 변수의 기술통계분석

밴드플랜 관련 변수	평균	중간값	표준편차	최소	최대
경매 참여자 수	2.91	3	1.93	0	10
블록 수	5.83	4	5.33	1	24
경쟁수준 (경매 참여자/블록 수)	.72	.56	.62	0	3

가설 1, 2의 독립변수가 되는 경매방식에 대한 기술통계분석을 시행하였다. 동시오름 경매(SMRA)가 전체의 52.2%인 72건으로 나타났으며, 조합 클락 경매는 전체의 37%인 51건, 최고가격 밀봉입찰 경매(FPSBA)는 전체의 10.9%인 15건이다.

[표 4-4] 경매방식별 비중

경매방식	건수	비중
동시오름 경매(SMRA)	72	52.2%
조합 클락 경매(CCA)	51	37.0%
최고가격 밀봉입찰 경매(FPSBA)	15	10.9%

기타 범주형 변수인 경매 디자인 요소에 대한 기술통계분석을 시행하였다. 주파수 보유 한도가 설정된 경우는 전체의 74.7%인 103건이며 기존사업자 대상의 주파수 유보가 설정된 경우는 전체의 5.8%인 8건이고, 주파수 보유 한도 또는 주파수 유보가 설정된 경우는 전체의 76.8%인 106건이었다. 또한, 신규사업자만 참여할 수 있게 주파수가 유보된 경우는 전체의 5.8%인 8건이었다. 망 구축의무를 인구 커버리지 50% 이상으로 설정한 경우는 전체의 44.9%인 62건이었다. 마지막으로, 가설 3의 종속변수인 승자의 저주가 발생한 경매 건수는 전체의 31.9%인 44건이었다.

[표 4-5] 기타 경매 디자인 관련 변수의 비중

경매 디자인 요소	건수	비중
주파수 보유 한도	103	74.7%
주파수 유보(기존사업자)	8	5.8%
주파수 보유 한도 or 유보 설정	106	76.8%
주파수 유보(신규사업자)	8	10.9%
망 구축의무(인구 커버리지 50% 이상)	62	44.9%
승자의 저주 발생 여부	44	31.9%

2. 무선통신 기술 및 시장 관련 변수

먼저, 무선통신 기술 요소와 관련해 주파수 대역의 경우 1GHz 이하 대역은 전체의 39.9%인 55건, 1GHz 초과~1.8GHz 이하 대역은 전체의 20.3%인 28건, 1.8GHz 초과 대역은 전체의 39.9%인 55건으로 나타났다.

[표 4-6] 주파수 대역별 비중

주파수 대역	건수	비중
1GHz 이하	55	39.9%
1GHz 초과 ~ 1.8GHz 이하	28	20.3%
1.8GHz 초과	55	39.9%

그 외의 무선통신 기술 및 시장 관련 변수를 살펴보면, 먼저 경매 연도의 평균은 2012.86, 표준편차는 2.12로 나타났는데 이는 2012년 근방에 LTE 경매가 많이 이루어졌음을 암시한다. ARPU의 경우 PPP 보정 후 평균은 54.75, 표준편차는 18.2이며 PPP 보정 전 평균은 37.6, 표준편차는 17로 나타났다. 한편 무선통신 침투율의 평균은 0.81, 표준편차는 0.06으로 나타났다. ARPU*12에 무선통신 침투율을 곱한 값인 1인당 무선 매출은 PPP 보정 후의 평균은 533.83, 표준편차는 174.99로 나타났다. 세 수치 모두 상대적으로 변동 폭이 좁은 편인데 이는 분석대상 국가가 OECD 회원국으로 일정 수준 동질성을 띠기 때문으로 보인다. 시장 경쟁수준을 나타내는 HHI의 평균은 3516.24, 표준편차는 519.38로서 마찬가지로 변동 폭이 제한적이었다.

[표 4-7] 무선통신 기술 및 시장 관련 변수

무선통신 기술·시장 관련 변수	평균	중간값	표준편차	최소	최대
경매 연도	2012.86	2013	2.12	2007	2017
ARPU($, PPP 보정 후)	54.75	55.82	18.2	11.18	86.81
ARPU($, PPP 보정 전)	37.6	36.67	17	5.04	77.96
무선통신 침투율	.81	.82	.06	.6	.9
1인당 무선 매출(PPP 보정 후)	533.83	537.21	174.99	84.51	799.88
1인당 무선 매출(PPP 보정 전)	368.87	352.09	168.92	38.08	770.49
시장 경쟁수준(HHI)	3516.24	3581	519.38	2336	5132

3. 물리 및 사회경제적 특성 관련 변수

1인당 PPP의 경우 평균은 38109.64, 표준편차는 11156.89로 나타났으며, 인구밀도의 경우 평균은 133.25, 표준편차는 121.53으로 나타나 1인당 PPP보다 인구밀도의 변동 폭이 크게 나타났다.

[표 4-8] 물리 및 사회경제적 특성 관련 변수

물리 및 사회경제적 특성	평균	중간값	표준편차	최소	최대
1인당 PPP	38109.64	36612.18	11156.89	10501.83	63768.31
인구밀도(명/km^2)	133.25	115.27	121.53	3.01	496.88

경제권의 경우 유럽 지역 선진국이 전체의 77.5%인 107건이었으며, 아태지역 선진국이 전체의 10.9%인 15건, 이머징 국가가 전체의 11.6%인 16건으로 나타났다. 유럽 지역 선진국의 비중이 높은 것은 OECD 회원국의 구성에 따른 것으로 보인다.

[표 4-9] 경제권별 비중

경제권	건수	비중
선진국(유럽)	107	77.5%
선진국(아태지역)	15	10.9%
이머징 국가	16	11.6%

제2절 상관관계 분석

1. 가설 1, 4 관련 상관관계 분석

먼저 가설, 1, 4에 대해 PPP 보정 후 낙찰가를 종속변수로 놓았을 때 종속, 독립, 통제변수 간의 상관관계를 분석하였다.[표 4-10] 독립변수 중에는 최저경쟁가격 관련 독립변수와 종속변수의 상관관계가 참가자 4 미만일 때 0.403으로, 4 이상일 때 0.309로 상대적으로 높게 나타나며 통계적으로도 유의성이 있다. 독립 및 통제변수 간에는 1인당 무선 매출과 연도의 상관관계(-0.602) 및 지역변수(이머징 국가)와의 상관관계(-0.564)가 높으나 다중공선성을 우려할 수준은 아닌 것으로 보인다.

또한, 가설, 1, 4에 대해 PPP 보정 전 낙찰가를 종속변수로 놓았을 때 변수간의 상관관계를 분석하였다.[표 4-11] PPP 보정 후와 마찬가지로 독립변수 중에는 최저경쟁가격 관련 독립변수와 종속변수의 상관관계가 참가자 4 미만일 때 0.408, 참가자 4 이상일 때 0.265로 상대적으로 높으며 통계적으로도 유의미하다. 독립 및 통제변수 간에는 1인당 무선 매출과 지역변수(이머징 국가)와(-0.550) 1인당 PPP와의 상관관계(0.739)가 높으나 다중공선성을 우려할 수준은 아닌 것으로 추정된다.

[표 4-10] 가설 1, 4 관련 PPP 보정 후 낙찰가 기준 상관관계 분석

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
(1) 낙찰가($/MHz/Pop, PPP 보정)	1														
(2) 경매방식 (CCA)	0.07	1													
(3) 경매방식 (FPSBA)	-0.154*	-0.267***	1												
(4) 최저경쟁가격 (PPP 보정)	0.552***	-0.1	-0.156*	1											
(5) 주파수CAP or 주파수유보	0.03	0.03	0.137*	0.06	1										
(6) 신규사업자 대상 유보	-0.02	0.07	-0.09	0.02	-0.158*	1									
(7) 경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.248***	-0.07	0.05	0.06	-0.142*	0.06	1								
(8) 망 구축의무 (50% 초과)	0.339***	0.03	0.1	0.353***	0.07	-0.07	0.148*	1							
(9) 주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.464***	0.05	0	-0.395***	-0.11	-0.01	-0.09	-0.337***	1						
(10) 경매 연도	0.01	-0.11	0.210**	0.02	0.03	-0.218**	0.171**	0.252***	-0.13	1					
(11) 1인당 무선 매출(PPP 보정)	0.11	0.211**	-0.427***	0.186**	-0.01	0.195**	-0.210**	-0.328***	0.05	-0.602***	1				
(12) HHI	-0.05	0.378***	-0.03	0.01	0.07	-0.04	0.09	0.05	0.148*	-0.03	0.197**	1			
(13) 지역변수 (아태지역 선진국)	0.323***	-0.07	-0.12	0.261***	-0.08	0.01	0.09	-0.01	0	0.08	0.230***	0.231***	1		
(14) 지역변수 (이머징 국가)	-0.07	-0.04	0.455***	-0.08	0.04	-0.09	0.152*	0.193**	0.12	0.280***	-0.564***	0.03	-0.13	1	
(15) 인구밀도	0.09	0.200**	-0.191**	-0.04	-0.202**	0.263***	0.138*	-0.05	0.09	-0.188**	0.03	-0.07	-0.144*	-0.145*	1

[표 4-11] 가설 1, 4 관련 PPP 보정 전 낙찰가 기준 상관관계 분석

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(1) 낙찰가($/MHz/Pop)	1															
(2) 경매방식 (CCA)	0.12	1														
(3) 경매방식 (FPSBA)	-0.13	-0.267***	1													
(4) 최저경쟁가격	0.543***	-0.07	-0.142*	1												
(5) 주파수CAP or 주파수유보	0.04	0.03	0.137*	0.09	1											
(6) 신규사업자 대상 유보	-0.03	0.07	-0.09	0.01	-0.158*	1										
(7) 경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.233***	-0.07	0.05	0.06	-0.142*	0.06	1									
(8) 망 구축의무 (50% 초과)	0.273***	0.03	0.1	0.354***	0.07	-0.07	0.148*	1								
(9) 주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.466***	0.05	0	-0.464***	-0.11	-0.01	-0.09	-0.337***	1							
(10) 경매 연도	0.01	-0.11	0.210**	0	0.03	-0.218**	0.171**	0.252***	-0.13	1						
(11) 1인당 무선 매출	0.13	0.371***	-0.236***	0.03	-0.04	0.156*	-0.13	-0.300***	0.02	-0.418***	1					
(12) HHI	-0.02	0.378***	-0.03	-0.02	0.07	-0.04	0.09	0.05	0.148*	-0.03	0.270***	1				

(13) 지역변수 (아태지역 선진국)	0.312***	-0.07	-0.12	0.177**	-0.08	0.01	0.09	-0.01	0	0.08	0.12	0.231***	1		
(14) 지역변수 (이머징 국가)	-0.147*	-0.04	0.455***	-0.12	0.04	-0.09	0.152*	0.193**	0.12	0.280***	-0.550***	0.03	-0.13	1	
(15) 인구밀도	0.11	0.200**	-0.191**	-0.04	-0.202**	0.263***	0.138*	-0.05	0.09	-0.188**	-0.06	-0.07	-0.144*	-0.145*	1
(16) 1인당 PPP	0.152*	0.261***	0.02	-0.09	-0.09	0.04	0	-0.158*	-0.09	-0.02	0.739***	0.09	-0.02	-0.445***	-0.07	1

2. 가설 2 관련 상관관계 분석

가설 2의 종속 및 독립, 통제변수 간 상관관계 분석을 PPP 보정 후 값에 대해 시행한 결과 종속변수와 독립변수 간에는 높은 상관관계가 확인되지 않았다. 독립 및 통제변수 간에는 높은 상관관계가 없어 다중공선성 우려는 없을 것으로 추정된다.

또한, 상관관계 분석을 PPP 보정 전 값에 대해 시행한 결과 마찬가지로 종속변수와 독립변수 간에는 높은 상관관계가 확인되지 않았다. 독립 및 통제변수 간에도 역시 높은 상관관계가 확인되지 않아 다중공선성의 우려는 없을 것으로 추정된다.

[표 4-12] 가설 2 관련 PPP 보정 후 기준 상관관계 분석

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
(1) 승자의 저주	1													
(2) 경매방식 (CCA, 기존사업자)	0.07	1												
(3) 경매방식 (FPSBA, 기존사업자)	-0.04	-0.157*	1											
(4) 경매방식 (CCA, 신규사업자)	-0.07	-0.171*	-0.06	1										
(5) 경매방식 (FPSBA, 신규사업자)	0.08	-0.171*	-0.06	-0.07	1									
(6) 경매방식 (SMRA 신규사업자)	0.09	-0.240**	-0.09	-0.1	-0.1	1								
(7) 최저경쟁가격 (PPP 보정)	-0.290***	-0.06	-0.14	0.05	-0.09	-0.11	1							
(8) 경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.06	-0.07	0.03	0.01	-0.06	0.229**	0.09	1						
(9) 주파수 CAP or 주파수 유보	0.03	0.04	0.03	-0.05	0.14	0.05	0.03	-0.162*	1					
(10) 주파수 대역 (1.8GHz 초과)	0.03	-0.02	-0.01	0.04	0.04	0.196**	-0.415***	0	-0.13	1				
(11) 연도	-0.03	-0.163*	0.229**	0	0.02	0.1	-0.01	0.11	-0.05	-0.1	1			
(12) HHI	-0.1	0.283**	-0.05	0.12	0.03	0.1	0.03	0.182*	0.05	0.12	-0.09	1		
(13) 지역변수 (아태지역 선진국)	-0.12	-0.165*	-0.09	0.15	-0.09	0.05	0.328***	0.1	-0.1	0.04	0.04	0.251***	1	
(14) 지역변수 (이머징 국가)	0.07	-0.250***	0.508***	0.346***	0.12	-0.06	-0.06	0.11	0.07	0.11	0.246**	0.04	-0.14	1

[표 4-13] 가설 2 관련 PPP 보정 전 기준 상관관계 분석

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
(1) 승자의 저주	1														
(2) 경매방식 (CCA, 기존사업자)	0.07	1													
(3) 경매방식 (FPSBA, 기존사업자)	-0.04	-0.157*	1												
(4) 경매방식 (CCA, 신규사업자)	-0.07	-0.171*	-0.06	1											
(5) 경매방식 (FPSBA, 신규사업자)	0.08	-0.171*	-0.06	-0.07	1										
(6) 경매방식 (SMRA 신규사업자)	0.09	-0.240**	-0.09	-0.1	-0.1	1									
(7) 최저경쟁가격)	-0.262***	0	-0.169*	0	-0.04	-0.12	1								
(8) 경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.06	-0.07	0.03	0.01	-0.06	0.229**	0.05	1							
(9) 주파수 CAP or 주파수 유보	0.03	0.04	0.03	-0.05	0.14	0.05	0.07	-0.162*	1						
(10) 주파수 대역 (1.8GHz 초과)	0.03	-0.02	-0.01	0.04	0.04	0.196**	-0.496***	0	-0.13	1					
(11) 연도	-0.03	-0.163*	0.229**	0	0.02	0.1	-0.04	0.11	-0.05	-0.1	1				
(12) HHI	-0.1	0.283***	-0.05	0.12	0.03	0.1	-0.01	0.182*	0.05	0.12	-0.09	1			
(13) 지역변수 (아태지역 선진국)	-0.12	-0.165*	-0.09	0.15	-0.09	0.05	0.218**	0.1	-0.1	0.04	0.04	0.251***	1		
(14) 지역변수 (이머징 국가)	0.07	-0.250***	0.508***	0.346***	0.12	-0.06	-0.13	0.11	0.07	0.11	0.246**	0.04	-0.14	1	
(15) 1인당 PPP	0.1	0.288**	-0.213**	-0.11	0.172*	-0.04	-0.06	-0.02	-0.11	-0.11	-0.01	0.04	-0.04	-0.494***	1

3. 가설 3 관련 상관관계 분석

가설 3의 종속 및 독립, 통제변수 간 상관관계 분석을 PPP 보정 후 값에 대해 시행한 결과 종속변수와 독립변수 간에는 통계적으로 유의한 상관관계(-0.192)가 확인된다. 독립변수와 통제변수 간에는 높은 상관관계가 확인되지 않아 다중공선성의 우려는 없을 것으로 추정된다.

또한, 상관관계 분석을 PPP 보정 전 값에 대해 시행한 결과 종속변수와 독립변수 간에는 통계적으로 유의한 상관관계(-0.141)가 확인된다. 독립변수와 통제변수 간에는 높은 상관관계가 확인되지 않아 다중공선성의 우려는 없을 것으로 추정된다.

[표 4-14] 가설 3 관련 PPP 보정 후 기준 상관관계 분석

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
(1) 경매 참가자 수	1.00									
(2) 최저경쟁가격 (PPP 보정)	-0.192**	1.00								
(3) 주파수 CAP or 주파수 유보	0.04	0.06	1.00							
(4) 망 구축의무 (50% 초과)	0.11	0.341***	0.04	1.00						
(5) 주파수 대역 (1.8GHz 초과)	0.05	-0.412***	-0.145*	-0.366***	1.00					
(6) 경매 연도	-0.08	0.01	-0.01	0.224**	-0.13	1.00				
(7) HHI	-0.09	-0.01	0.04	0.01	0.13	-0.05	1.00			
(8) 지역변수 (아태지역 선진국)	-0.13	0.242***	-0.06	-0.03	-0.03	0.09	-0.300***	1.00		
(9) 지역변수 (이머징 국가)	0.09	-0.08	0.03	0.192**	0.12	0.271***	-0.161*	-0.13	1.00	
(10) 인구밀도	0.278***	-0.01	-0.229***	-0.04	0.06	-0.150*	0.02	-0.141*	-0.14	1.00

[표 4-15] 가설 3 관련 PPP 보정 전 기준 상관관계 분석

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1) 경매 참가자 수	1.00										
(2) 최저경쟁가격 (PPP 보정)	-0.141*	1.00									
(3) 주파수 CAP or 주파수 유보	0.04	0.09	1.00								
(4) 망 구축의무 (50% 초과)	0.11	0.346***	0.04	1.00							
(5) 주파수 대역 (1.8GHz 초과)	0.05	-0.476***	-0.145*	-0.366***	1.00						
(6) 경매 연도	-0.08	-0.01	-0.01	0.224**	-0.13	1.00					
(7) HHI	-0.09	-0.04	0.04	0.01	0.13	-0.05	1				
(8) 지역변수 (아태지역 선진국)	-0.13	0.165*	-0.06	-0.03	-0.03	0.09	0.227***	1.00			
(9) 지역변수 (이머징 국가)	0.09	-0.13	0.03	0.192**	0.12	0.271***	0.03	-0.13	1.00		
(10) 인구밀도	0.278***	-0.01	-0.229***	-0.04	0.06	-0.150*	-0.13	-0.141*	-0.14	1.00	
(11) 1인당 ppp	0.10	-0.07	-0.08	-0.14	-0.10	0.00	0.1	-0.01	-0.448***	-0.13	1.00

제3절 회귀분석 결과

1. 가설 1, 4에 대한 회귀분석 결과

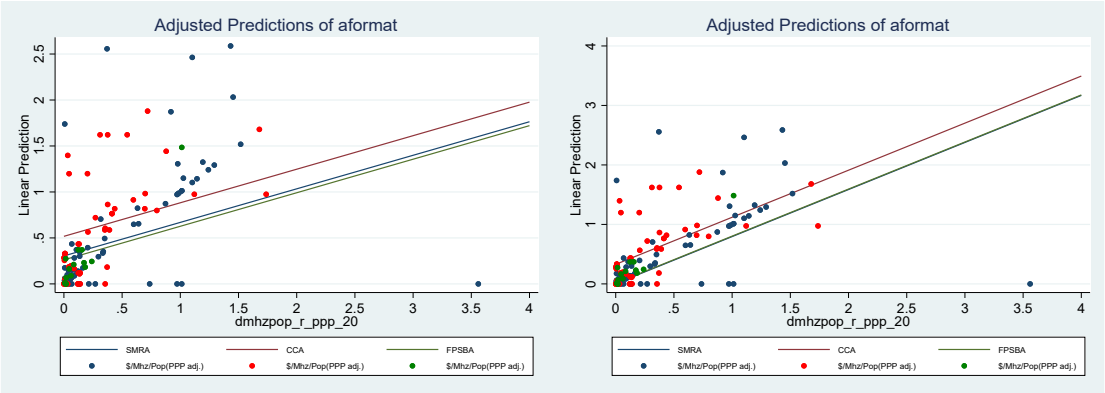
가설 1, 4의 검증을 위해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 OLS 회귀분석 및 Tobit 분석을 PPP 보정 후 값에 대해 시행하되, 각 관측치에 동일한 가중치를 부여한 분석과 각 분석대상의 경매대상 주파수 폭을 가중치로 부여한 분석을 별도로 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-16]과 같다.

[표 4-16] 가설 1, 4 관련 회귀분석 결과 (PPP 보정)

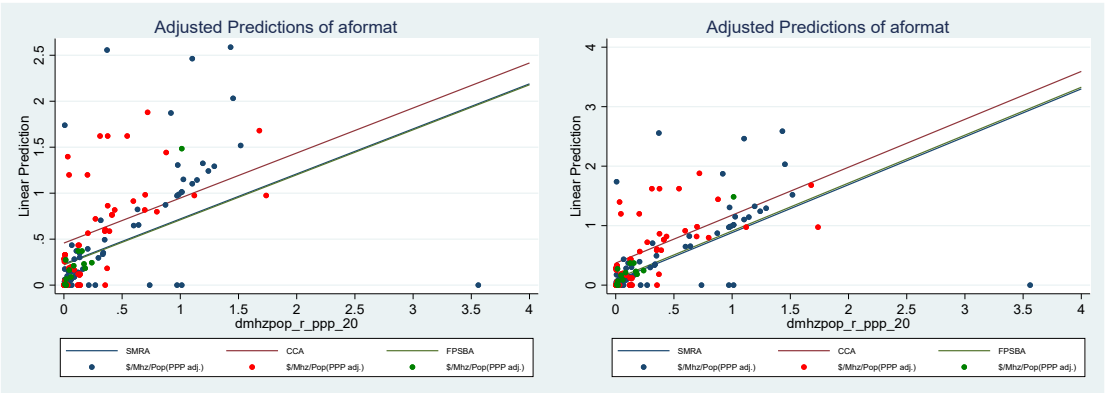
분석방식		OLS	Tobit	OLS (가중치 적용)	Tobit (가중치 적용)
독립 변수	경매방식 (CCA)	0.213** [0.0877]	0.325*** [0.0912]	0.227*** [0.0745]	0.294*** [0.0737]
	경매방식 (FPSBA)	-0.0425 [0.138]	0.00806 [0.147]	-0.00996 [0.120]	0.0280 [0.123]
	최저경쟁가격 (PPP 보정)	0.365 [0.257]	0.791*** [0.133]	0.490* [0.257]	0.805*** [0.115]
통제 변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.0592 [0.0764]	0.149 [0.109]	0.0347 [0.0732]	0.102 [0.0917]
	신규사업자 대상 유보	-0.277** [0.116]	-0.652*** [0.161]	-0.421*** [0.113]	-0.653*** [0.142]
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.192** [0.0740]	0.149** [0.0660]	0.159** [0.0773]	0.125* [0.0678]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.0804 [0.0591]	0.0152 [0.0456]	0.0526 [0.0461]	0.0204 [0.0356]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.357*** [0.0913]	-0.413*** [0.101]	-0.402*** [0.0895]	-0.392*** [0.0904]
	경매 연도	-0.0243 [0.0256]	-0.0529** [0.0220]	-0.0197 [0.0204]	-0.0382** [0.0150]
	1인당 무선시장 매출(PPP 보정)	0.000286 [0.000556]	-0.000817** [0.000407]	0.000224 [0.000456]	-0.000457 [0.000322]
	HHI	-0.000213** [8.55e-05]	-0.000240** [0.000106]	-0.000181*** [6.86e-05]	-0.000216*** [7.70e-05]
	지역변수 (아태지역 선진국)	0.580*** [0.189]	0.591*** [0.194]	0.379*** [0.140]	0.458*** [0.140]
	지역변수 (이머징 국가)	0.136 [0.231]	0.0212 [0.234]	0.0859 [0.171]	0.0196 [0.173]
	인구밀도	0.000644* [0.000361]	0.00108*** [0.000360]	0.000873*** [0.000321]	0.00107*** [0.000318]
상수항		49.47 [51.57]	107.4** [44.43]	40.30 [41.22]	77.85** [30.40]
관찰점 수		138	138	138	138
R-squared		0.541		0.606	

회귀분석 결과를 그래프로 표현한 결과는 [그림 4-1, 4-2]와 같다. 남색 선은 동시오름 경매, 붉은 선은 조합 클락 경매, 초록 선은 최고가격 밀봉입찰 경매 시의 최저경쟁가격과 낙찰가의 관계를 표시한 회귀선이다. 남색, 붉은색, 초록색 점은 각각 실제 치러진 동시오름 경매, 조합 클락 경매, 최고가격 밀봉입찰 경매의 관측치를 나타낸다.

[그림 4-1] 가설 1, 4 관련 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 보정)



[그림 4-2] 가설 1, 4 관련 가중치 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 보정)



독립변수의 회귀계수들을 살펴보면, 먼저 경매방식의 경우 조합 클락 경매(CCA) 경매방식은 모든 분석방식에서 통계적으로 유의하게 낙찰가를 상승시키는 효과를 나타내는 것으로 확인되었다. 반면에 최고가격 밀봉입찰 경매(FPSBA)의 회귀 계수는 통계적 유의성을 보이지 않으며, 분석방식에 따라 부호도 변화를 보였다.

한편, 최저경쟁가격 관련 회귀계수의 경우 Tobit 분석에서는 통계적 유의성을 띄는 양의 값을 가졌으나, OLS 회귀분석의 경우에는 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 최저경쟁가격이 낙찰가의 문턱 값(Threshold)역할을 한다는 점을 고려하면 Tobit 분석의 결과값의 신뢰성이 더 높을 것으로 여겨진다.

통제변수들의 회귀계수를 살펴보면, 먼저 주파수 디자인과 관련해 밴드플랜 및 입찰자 수에 따라 결정되는 경쟁수준은 이론과 마찬가지로 그 수준이 높아질수록 낙

찰가를 상승시키는 것으로 나타났다. 망 구축의무의 경우 의무 수준이 높아질수록 주파수 가치가 낮아진다는 이론과는 달리 통계적 유의성은 없으나 낙찰가를 상승시키는 것으로 나타났는데, 이는 처음부터 가치가 높은 주파수에 더 높은 망 구축의무가 설정되는 영향으로 해석할 수도 있을 것이다.

무선통신 기술 및 시장과 관련된 통제변수들의 회귀계수를 살펴보면 주파수 대역의 경우 예상대로 고대역의 낙찰가가 저대역보다 낮은 것을 확인할 수 있다. 한편, 경매 연도는 Tobit 분석의 경우 연도가 커질수록(즉, 나중에 경매가 이루어질수록) 낙찰가를 낮추는 효과가 통계적으로 유의하게 있는 것으로 나타났다. 이는 무선통신 기술 사이클 상 나중에 열리는 경매에서의 주파수 기대가치가 더 낮을 것이라는 예상과 합치한다. 1인당 무선시장 매출의 회귀계수는 통계적 유의성은 떨어지나 음의 값을 띄었는데, 이는 기대 매출이 높을수록 주파수 낙찰가가 상승할 것이라는 예상과는 상반되는 결과이다. 시장 집중도를 나타내는 HHI의 경우 그 값이 클수록 특정 사업자의 시장지배력이 높고 경쟁이 덜 치열함을 의미하는데, 낙찰가와 통계적으로 유의하게 음의 관계를 갖는 것으로 나타나 시장 경쟁이 치열할수록 주파수 경매 낙찰가가 올라갈 것이란 이론적 예상과 합치하는 결과를 보였다.

물리 및 사회경제적 특성과 관련된 통제변수들의 회귀계수를 살펴볼 경우, 아태지역 선진국을 의미하는 가변수가 통계적으로 유의한 양의 계수를 나타내, 이 범주에 포함되는 국가들(한국, 호주, 뉴질랜드)의 4G 주파수 경매의 낙찰가가 유럽 지역 선진국들보다 상대적으로 높았음을 암시한다. 이머징 국가들을 나타내는 가변수는 통계적 유의성을 띠지 않았다. 인구밀도의 경우 기존의 예상대로 높을수록 낙찰가를 상승시키는 효과를 가져옴이 통계적으로 유의미하게 드러났다.

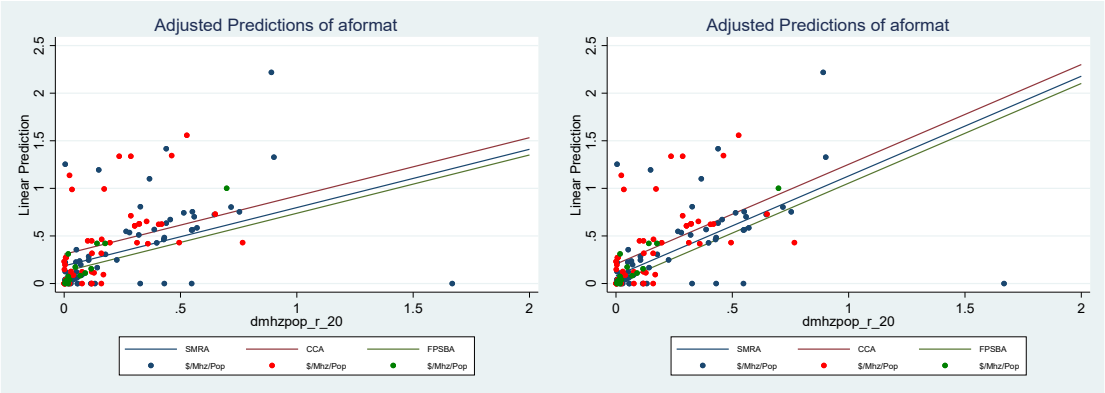
이번에는 가설 1, 4에 대해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 OLS 회귀분석 및 Tobit 분석을 PPP 보정 전 값에 대해 시행하였다. 그리고 각 관측치에 동일한 가중치를 부여한 분석과 각 분석대상의 경매대상 주파수 폭을 가중치로 부여한 분석을 추가로 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-17]과 같다. 각 회귀계수의 방향성 및 시사점은 PPP 보정 후 값에 대해 시행한 분석 결과와 대체로 일치하며, 추가된 1인당 PPP 변수의 계수의 경우 통계적으로 유의하게 양의 값을 가져 국민소득이 높을수록 낙찰가가 높아질 것이란 이론적 예상과 합치하는 결과를 보였다.

[표 4-17] 가설 1, 4 관련 회귀분석 결과 (PPP 미보정)

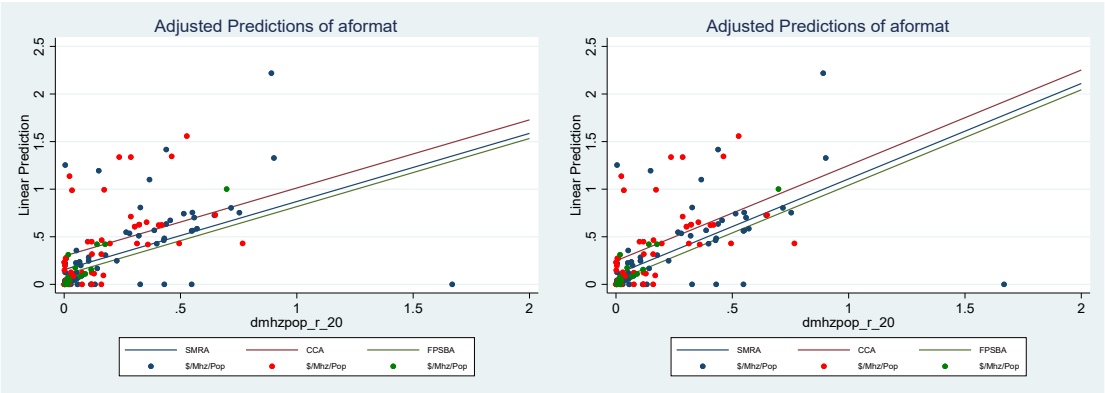
분석방식		OLS	Tobit	OLS (가중치 적용)	Tobit (가중치 적용)
독립변수	경매방식 (CCA)	0.122* [0.0661]	0.122* [0.0679]	0.142** [0.0551]	0.142** [0.0542]
	경매방식 (FPSBA)	-0.0598 [0.0953]	-0.0759 [0.0909]	-0.0539 [0.0855]	-0.0662 [0.0820]
	최저경쟁가격	0.613* [0.350]	1.048*** [0.177]	0.716** [0.315]	1.002*** [0.168]
통제변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.0701 [0.0551]	0.138** [0.0664]	0.0747 [0.0551]	0.130** [0.0635]
	신규사업자 대상 유보	-0.203** [0.0807]	-0.257*** [0.0870]	-0.359*** [0.109]	-0.424*** [0.121]
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.104** [0.0489]	0.104** [0.0418]	0.0787 [0.0503]	0.0691* [0.0416]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.0257 [0.0401]	0.0101 [0.0299]	0.0222 [0.0304]	0.0126 [0.0251]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.212*** [0.0683]	-0.183*** [0.0579]	-0.239*** [0.0643]	-0.209*** [0.0573]
	경매 연도	-0.0235 [0.0173]	-0.0289* [0.0151]	-0.0196 [0.0131]	-0.0238** [0.0112]
	1인당 무선시장 매출	-0.000214 [0.000477]	-0.000704* [0.000365]	-0.000219 [0.000401]	-0.000523 [0.000324]
	HHI	-0.000100* [5.25e-05]	-8.26e-05 [5.23e-05]	-7.92e-05* [4.40e-05]	-7.56e-05* [4.21e-05]
	지역변수 (아태지역 선진국)	0.446*** [0.131]	0.460*** [0.117]	0.309*** [0.106]	0.329*** [0.100]
	지역변수 (이머징 국가)	0.117 [0.125]	0.126 [0.132]	0.127 [0.0876]	0.133 [0.0898]
	인구밀도	0.000614** [0.000287]	0.000724*** [0.000275]	0.000808*** [0.000266]	0.000861*** [0.000265]
	1인당 PPP	1.04e-05* [5.67e-06]	1.63e-05*** [4.69e-06]	1.13e-05** [4.96e-06]	1.47e-05*** [4.27e-06]
상수항		47.30 [34.78]	57.91* [30.35]	39.40 [26.24]	47.69** [22.57]
관찰점 수		138	138	138	138
R-squared		0.551		0.632	

회귀분석 결과를 그래프로 표현한 결과는 [그림 4-3, 4-4]와 같으며, 그래프의 해석 방법은 상기의 분석과 동일하다.

[그림 4-3] 가설 1, 4 관련 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 미보정)



[그림 4-4] 가설 1, 4 관련 가중치 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 미보정)



이번에는 경매 연도 변수를 범주형 변수로 변환하여 가설 1, 4에 대해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 OLS 회귀분석 및 Tobit 분석을 PPP 보정 후 값에 대해 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-18]과 같다. 전반적인 결과는 앞의 분석 결과와 큰 차이가 없으나, 1인당 무선시장 매출과 낙찰가가 양의 관계를 갖는 차이를 보였다.

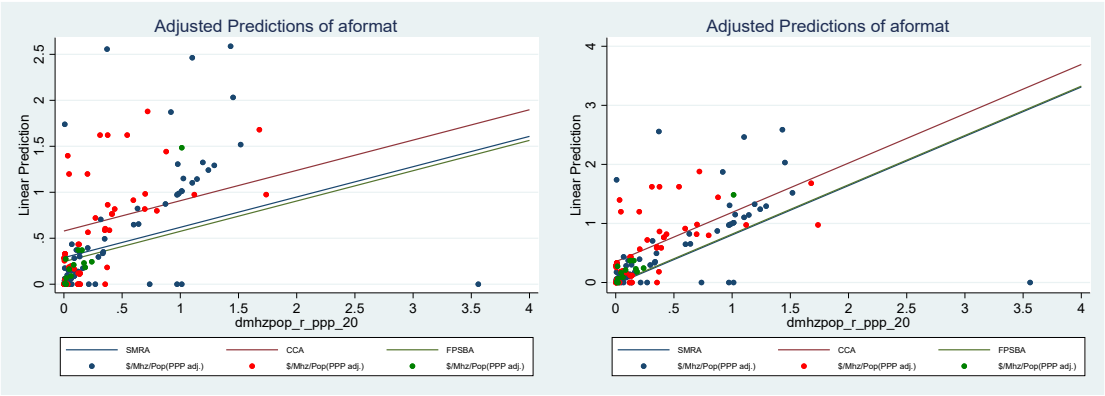
[표 4-18] 가설 1, 4 관련 회귀분석(경매 연도 범주화, PPP 보정)

분석방식		OLS	Tobit	OLS (가중치 적용)	Tobit (가중치 적용)
독립 변수	경매방식 (CCA)	0.290** [0.131]	0.382*** [0.140]	0.301*** [0.106]	0.357*** [0.107]
	경매방식 (FPSBA)	-0.0436 [0.147]	0.0145 [0.148]	-0.0500 [0.116]	0.0159 [0.113]
	최저경쟁가격 (PPP 보정)	0.330 [0.271]	0.835*** [0.116]	0.418 [0.277]	0.789*** [0.114]
통제 변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.0601 [0.0783]	0.136 [0.108]	0.00323 [0.0694]	0.0701 [0.0879]
	신규사업자 대상 유보	-0.245** [0.116]	-0.720*** [0.195]	-0.450*** [0.136]	-0.773*** [0.192]
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.171** [0.0802]	0.108 [0.0671]	0.133 [0.0912]	0.0609 [0.0736]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.0967 [0.0680]	0.0255 [0.0504]	0.0957* [0.0552]	0.0576 [0.0390]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.359*** [0.0946]	-0.423*** [0.0989]	-0.420*** [0.0952]	-0.420*** [0.0944]
	1인당 무선시장 매출(PPP 보정)	0.751** [0.304]	0.178 [0.253]	0.626** [0.262]	0.264 [0.168]
	HHI	0.315 [0.311]	-0.0746 [0.300]	0.189 [0.256]	-0.0325 [0.223]
	지역변수 (아태지역 선진국)	0.504* [0.298]	-0.224 [0.289]	0.355 [0.243]	-0.0652 [0.191]
	지역변수 (이머징 국가)	0.366 [0.252]	-0.202 [0.254]	0.162 [0.200]	-0.173 [0.182]
	인구밀도	0.380 [0.235]	-0.217 [0.241]	0.302 [0.216]	-0.0665 [0.179]
	2008년	0.164 [0.315]	-0.574* [0.292]	-0.0229 [0.268]	-0.440** [0.218]
	2010년	0.332 [0.300]	-0.279 [0.279]	0.174 [0.263]	-0.209 [0.212]
	2011년	0.170 [0.270]	-0.434* [0.242]	0.0201 [0.247]	-0.312* [0.186]
	2012년	0.519 [0.405]	-0.174 [0.330]	0.451 [0.306]	0.105 [0.220]
	2013년	0.000352 [0.000543]	-0.000464 [0.000540]	0.000501 [0.000505]	-4.74e-05 [0.000441]
	2014년	-0.000201** [9.55e-05]	-0.000226** [0.000108]	-0.000149* [7.62e-05]	-0.000182** [8.59e-05]
	2015년	0.646*** [0.213]	0.558*** [0.197]	0.470*** [0.164]	0.481*** [0.139]
	2016년	0.237 [0.232]	0.169 [0.233]	0.270 [0.174]	0.244 [0.174]
	2017년	0.000824** [0.000357]	0.00127*** [0.000402]	0.00112*** [0.000342]	0.00140*** [0.000369]

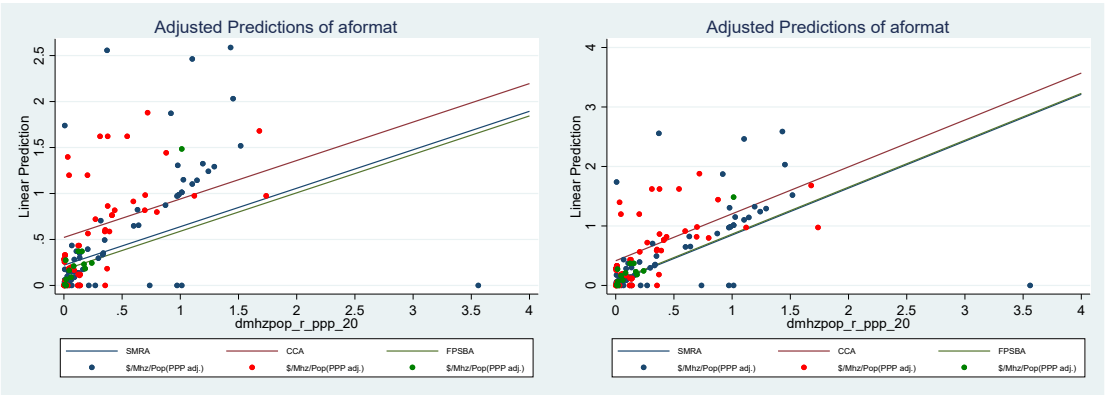
상수항	0.0950 [0.517]	1.019* [0.529]	0.0674 [0.439]	0.670* [0.399]
관찰점 수	138	138	138	138
R-squared	0.568		0.646	

회귀분석 결과를 그래프로 표현한 결과는 [그림 4-5, 4-6]과 같으며, 그래프의 해석 방법은 상기의 분석과 동일하다.

[그림 4-5] 가설 1, 4 관련 연도 범주화 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 보정)



[그림 4-6] 가설 1, 4 관련 연도 범주화 가중치 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 보정)



이번에는 PPP 보정 전 값에 대하여 경매 연도 변수를 범주화하여 가설 1, 4에 대해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 OLS 회귀분석 및 Tobit 분석을 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-19]와 같다. 경매방식 및 최저경쟁가격과 낙찰가의 관계에서는 앞의 분석 결과와 큰 차이는 확인되지 않았으며, PPP 보정 후 값에 대한 분석과 마찬가지로 1인당 무선시장 매출과 낙찰가가 양의 관계를 갖는 것으로 나타났다.

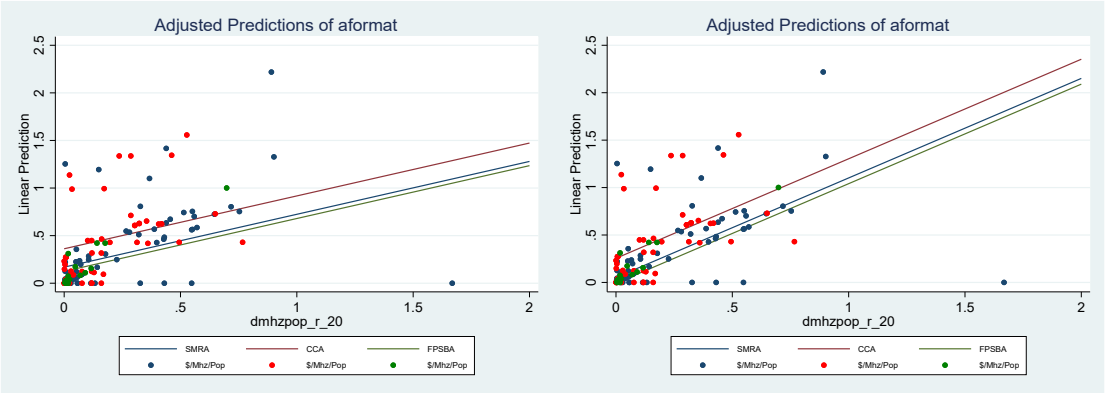
[표 4-19] 가설 1, 4 관련 회귀분석(경매 연도 범주화, PPP 미보정)

분석방식		OLS	Tobit	OLS (가중치 적용)	Tobit (가중치 적용)
독립 변수	경매방식 (CCA)	0.193*	0.202*	0.200**	0.201**
		[0.102]	[0.105]	[0.0807]	[0.0810]
	경매방식 (FPSBA)	-0.0444	-0.0605	-0.0837	-0.0955
		[0.0998]	[0.0929]	[0.0910]	[0.0850]
	최저경쟁가격	0.555	1.049***	0.607*	0.944***
		[0.377]	[0.175]	[0.346]	[0.166]
통제 변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.0696	0.137**	0.0538	0.113
		[0.0560]	[0.0688]	[0.0614]	[0.0720]
	신규사업자 대상 유보	-0.167**	-0.231***	-0.344***	-0.434***
		[0.0823]	[0.0865]	[0.124]	[0.138]
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.0904*	0.0865**	0.0599	0.0405
		[0.0507]	[0.0423]	[0.0568]	[0.0441]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.0339	0.00997	0.0457	0.0285
		[0.0498]	[0.0343]	[0.0398]	[0.0285]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.220***	-0.189***	-0.253***	-0.220***
		[0.0702]	[0.0603]	[0.0700]	[0.0617]
	1인당 무선시장 매출	0.412**	0.332**	0.302**	0.238*
		[0.171]	[0.138]	[0.152]	[0.122]
	HHI	0.250	0.247	0.140	0.161
		[0.217]	[0.193]	[0.184]	[0.164]
	지역변수 (아태지역 선진국)	0.355**	0.255*	0.271*	0.224*
		[0.166]	[0.139]	[0.154]	[0.133]
	지역변수 (이머징 국가)	0.301	0.274	0.153	0.138
		[0.182]	[0.168]	[0.149]	[0.140]
	인구밀도	0.231	0.144	0.174	0.126
		[0.140]	[0.126]	[0.134]	[0.117]
	1인당 PPP	0.0679	-0.0638	-0.0615	-0.123
		[0.196]	[0.174]	[0.172]	[0.154]
	2008년	0.169	0.0941	0.0148	-0.0211
		[0.201]	[0.172]	[0.165]	[0.146]
	2010년	0.109	0.0584	-0.00874	-0.0300
		[0.154]	[0.128]	[0.146]	[0.121]
	2011년	0.263	0.0962	0.172	0.0981
		[0.292]	[0.208]	[0.200]	[0.155]
	2012년	-0.000343	-0.000985*	-0.000278	-0.000683
		[0.000516]	[0.000501]	[0.000521]	[0.000491]
	2013년	-9.66e-05*	-7.01e-05	-5.93e-05	-4.17e-05
		[5.41e-05]	[5.42e-05]	[5.10e-05]	[4.70e-05]
	2014년	0.502***	0.508***	0.387***	0.401***
		[0.151]	[0.128]	[0.129]	[0.117]
	2015년	0.132	0.0933	0.209**	0.199*
		[0.131]	[0.136]	[0.0976]	[0.101]
	2016년	0.000608**	0.000603**	0.000854***	0.000880***
		[0.000289]	[0.000288]	[0.000287]	[0.000293]

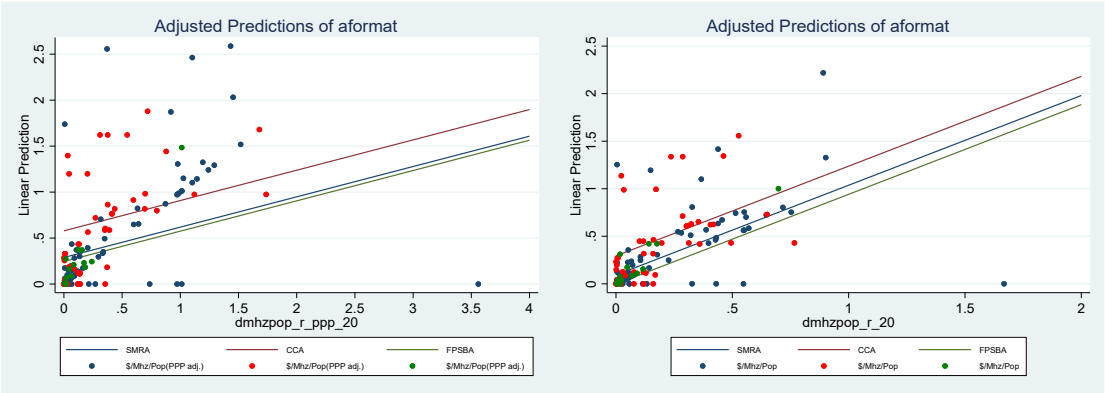
	2017년	9.26e-06* [5.47e-06]	1.49e-05*** [5.65e-06]	9.96e-06 [6.13e-06]	1.37e-05** [5.98e-06]
상수항		-0.173 [0.266]	-0.303 [0.275]	-0.220 [0.304]	-0.331 [0.295]
관찰점 수		138	138	138	138
R-squared		0.574		0.664	

회귀분석 결과를 그래프로 표현한 결과는 [그림 4-7, 4-8]과 같으며, 그래프의 해석 방법은 상기의 분석과 동일하다.

[그림 4-7] 가설 1, 4 관련 연도 범주화 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 미보정)



[그림 4-8] 가설 1, 4 관련 연도 범주화 가중치 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 미보정)



이번에는 경매 연도 변수를 범주형 변수로 변환함과 동시에 국가 변수를 클러스터 변수로 삼아 가설 1, 4에 대해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 클러스터 표준오차 OLS 회귀분석 및 Tobit 분석을 PPP 보정 후 값에 대해 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-20]과 같다. 전반적인 결과는 앞의 분석 결과와 큰 차이를 보이지 않으나, 시장 및 지역 특성과 관련된 변수가 보다 강한 통계적 유의성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

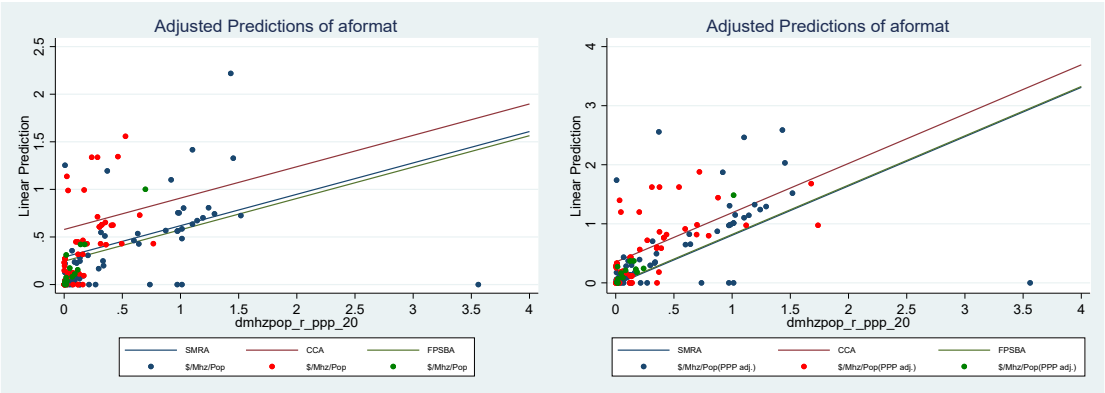
[표 4-20] 가설 1, 4 관련 회귀분석 (경매연도 범주화, 국가 클러스터화, PPP 보정)

분석방식		OLS	Tobit	OLS (가중치 적용)	Tobit (가중치 적용)
독립 변수	경매방식 (CCA)	0.290*	0.382**	0.301***	0.357***
		[0.157]	[0.156]	[0.108]	[0.108]
	경매방식 (FPSBA)	-0.0436	0.0145	-0.0500	0.0159
		[0.163]	[0.180]	[0.126]	[0.137]
	최저경쟁가격 (PPP 보정)	0.330	0.835***	0.418	0.789***
		[0.266]	[0.127]	[0.267]	[0.112]
통제 변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.0601	0.136	0.00323	0.0701
		[0.0790]	[0.0945]	[0.0758]	[0.0812]
	신규사업자 대상 유보	-0.245***	-0.720***	-0.450***	-0.773***
		[0.0853]	[0.183]	[0.0766]	[0.119]
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.171	0.108	0.133	0.0609
		[0.110]	[0.0917]	[0.114]	[0.0892]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.0967	0.0255	0.0957	0.0576
		[0.0731]	[0.0604]	[0.0631]	[0.0519]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.359***	-0.423***	-0.420***	-0.420***
		[0.113]	[0.107]	[0.101]	[0.0989]
	1인당 무선시장 매출(PPP 보정)	0.000352	-0.000464	0.000501	-4.74e-05
		[0.000484]	[0.000572]	[0.000464]	[0.000460]
	HHI	-0.000201**	-0.000226**	-0.000149*	-0.000182**
		[8.85e-05]	[0.000105]	[7.46e-05]	[8.53e-05]
	지역변수 (아태지역 선진국)	0.646***	0.558***	0.470***	0.481***
		[0.126]	[0.114]	[0.0919]	[0.0987]
	지역변수 (이머징 국가)	0.237	0.169	0.270*	0.244*
		[0.205]	[0.209]	[0.153]	[0.145]
	인구밀도	0.000824***	0.00127***	0.00112***	0.00140***
		[0.000210]	[0.000312]	[0.000197]	[0.000264]
	2008년	0.751***	0.178	0.626***	0.264*
		[0.229]	[0.170]	[0.225]	[0.152]
	2010년	0.315	-0.0746	0.189	-0.0325
		[0.278]	[0.280]	[0.251]	[0.240]
	2011년	0.504*	-0.224	0.355	-0.0652
		[0.264]	[0.234]	[0.230]	[0.186]
	2012년	0.366	-0.202	0.162	-0.173
		[0.242]	[0.231]	[0.193]	[0.170]
	2013년	0.380*	-0.217	0.302	-0.0665
		[0.204]	[0.179]	[0.204]	[0.160]
	2014년	0.164	-0.574*	-0.0229	-0.440*
		[0.331]	[0.301]	[0.293]	[0.236]
	2015년	0.332	-0.279	0.174	-0.209
		[0.306]	[0.262]	[0.296]	[0.229]
	2016년	0.170	-0.434*	0.0201	-0.312*
		[0.269]	[0.226]	[0.265]	[0.187]
	2017년	0.519	-0.174	0.451**	0.105
		[0.348]	[0.312]	[0.212]	[0.196]

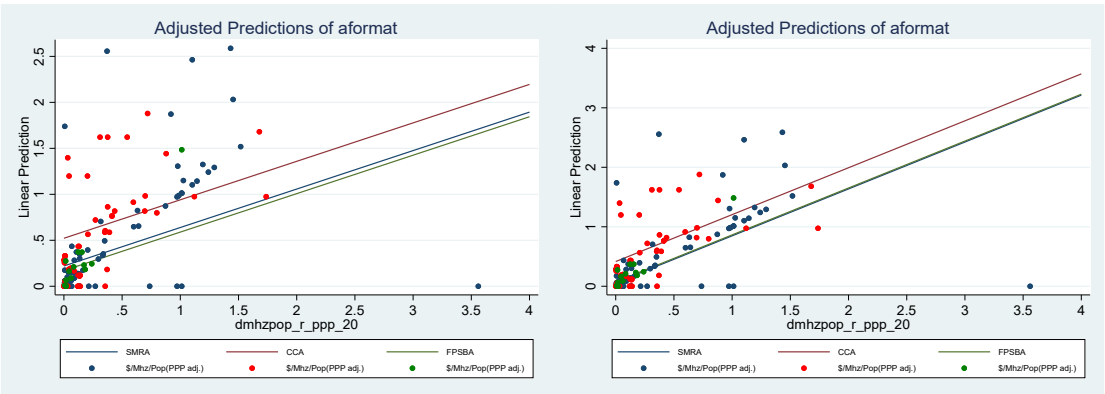
상수항	0.0950 [0.489]	1.019* [0.546]	0.0674 [0.455]	0.670 [0.448]
관찰점 수	138	138	138	138
R-squared	0.568		0.646	

회귀분석 결과를 그래프로 표현한 결과는 [그림 4-9, 4-10]과 같으며, 그래프의 해석 방법은 상기의 분석과 동일하다.

[그림 4-9] 가설 1, 4 관련 연도 범주화, 국가 클러스터화 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 미보정)



[그림 4-10] 가설 1, 4 관련 연도 범주화, 국가 클러스터화 가중치 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 미보정)



이번에는 PPP 보정 전 값에 대해 경매 연도 변수를 범주형 변수로 변환함과 동시에 국가 변수를 클러스터 변수로 삼아 가설 1, 4에 대해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 클러스터 표준오차 OLS 회귀분석 및 Tobit 분석을 시행하였으며, 그 결과는 표 [4-21]과 같다. 전반적인 결과는 앞의 분석 결과와 큰 차이를 보이지 않았다.

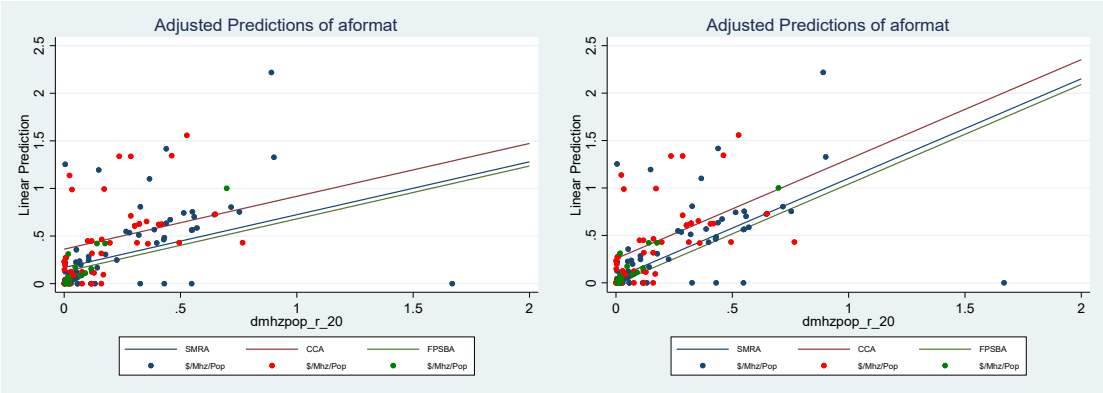
[표 4-21] 가설 1, 4 관련 회귀분석 (경매연도 범주화, 국가 클러스터화, PPP 미보정)

분석방식		OLS	Tobit	OLS (가중치 적용)	Tobit (가중치 적용)
독립변수	경매방식 (CCA)	0.193 [0.117]	0.202* [0.115]	0.200** [0.0782]	0.201** [0.0783]
	경매방식 (FPSBA)	-0.0444 [0.125]	-0.0605 [0.120]	-0.0837 [0.117]	-0.0955 [0.107]
	최저경쟁가격	0.555 [0.377]	1.049*** [0.175]	0.607* [0.334]	0.944*** [0.149]
통제변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.0696 [0.0502]	0.137** [0.0681]	0.0538 [0.0636]	0.113 [0.0710]
	신규사업자 대상 유보	-0.167*** [0.0564]	-0.231*** [0.0608]	-0.344*** [0.0727]	-0.434*** [0.0882]
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.0904 [0.0669]	0.0865 [0.0550]	0.0599 [0.0724]	0.0405 [0.0533]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.0339 [0.0519]	0.00997 [0.0377]	0.0457 [0.0449]	0.0285 [0.0346]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.220** [0.0861]	-0.189*** [0.0705]	-0.253*** [0.0771]	-0.220*** [0.0679]
	1인당 무선시장 매출	-0.000343 [0.000494]	-0.000985* [0.000545]	-0.000278 [0.000528]	-0.000683 [0.000510]
	HHI	-9.66e-05* [5.12e-05]	-7.01e-05 [5.34e-05]	-5.93e-05 [5.47e-05]	-4.17e-05 [5.00e-05]
	지역변수 (아태지역 선진국)	0.502*** [0.0877]	0.508*** [0.0826]	0.387*** [0.0714]	0.401*** [0.0784]
	지역변수 (이머징 국가)	0.132 [0.126]	0.0933 [0.125]	0.209* [0.105]	0.199** [0.0966]
	인구밀도	0.000608*** [0.000168]	0.000603*** [0.000205]	0.000854*** [0.000155]	0.000880*** [0.000192]
	1인당 PPP	9.26e-06 [6.08e-06]	1.49e-05** [6.76e-06]	9.96e-06 [6.94e-06]	1.37e-05** [6.73e-06]
	2008년	0.412*** [0.121]	0.332*** [0.103]	0.302** [0.123]	0.238** [0.107]
	2010년	0.250 [0.192]	0.247 [0.186]	0.140 [0.168]	0.161 [0.162]
	2011년	0.355** [0.141]	0.255** [0.111]	0.271* [0.142]	0.224* [0.118]
	2012년	0.301 [0.182]	0.274 [0.171]	0.153 [0.134]	0.138 [0.128]
	2013년	0.231** [0.105]	0.144 [0.0943]	0.174 [0.109]	0.126 [0.0963]
	2014년	0.0679 [0.235]	-0.0638 [0.208]	-0.0615 [0.198]	-0.123 [0.175]
	2015년	0.169 [0.207]	0.0941 [0.174]	0.0148 [0.184]	-0.0211 [0.156]
	2016년	0.109 [0.141]	0.0584 [0.116]	-0.00874 [0.138]	-0.0300 [0.113]

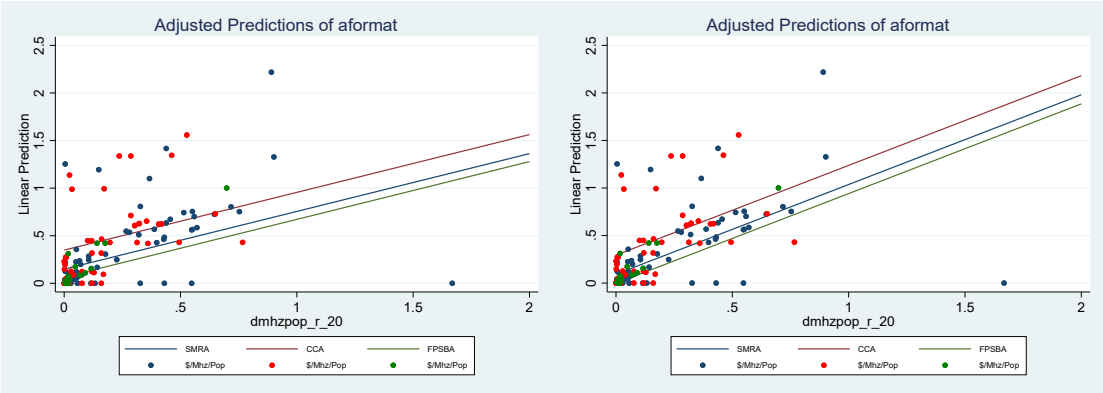
	2017년	0.263 [0.269]	0.0962 [0.194]	0.172 [0.144]	0.0981 [0.125]
상수항		-0.173 [0.318]	-0.303 [0.326]	-0.220 [0.378]	-0.331 [0.353]
관찰점 수		138	138	138	138
R-squared		0.574		0.664	

회귀분석 결과를 그래프로 표현한 결과는 [그림 4-11, 4-12]과 같으며, 그래프의 해석 방법은 상기의 분석과 동일하다.

[그림 4-11] 가설 1, 4 관련 연도 범주화, 국가 클러스터화 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 미보정)



[그림 4-12] 가설 1, 4 관련 연도 범주화, 국가 클러스터화 가중치 OLS(좌)와 Tobit(우) 그래프 (PPP 미보정)



2. 가설 2에 대한 회귀분석 결과

가설 2의 검증을 위해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 Logit 분석을 PPP 보정 후 값에 대해 시행하되, 각 관측치의 경매대상 주파수 폭을 가중치로 부여한 분석을 추가로 시행하였으며 그 결과는 [표 4-22]와 같다.

[표 4-22] 가설 2 관련 회귀분석 (PPP 보정)

분석방식		Logit	Logit Odds ratio	Logit (가중치 적용)	Logit 가중치 Odds ratio
독립변수	경매방식 (CCA, 기존사업자)	0.849 [0.593]	2.34	1.254* [0.707]	3.50
	경매방식 (FPSBA, 기존사업자)	-1.781 [1.120]	0.17	-3.051 [2.138]	0.05
	경매방식 (CCA, 신규사업자)	-0.962 [0.911]	0.38	-1.358 [1.452]	0.26
	경매방식 (FPSBA, 신규사업자)	0.571 [1.023]	1.77	1.792 [1.575]	6.00
통제변수	경매방식 (SMRA 신규사업자)	0.845 [0.887]	2.33	0.755 [0.921]	2.13
	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-2.292*** [0.752]	0.10	-2.815** [1.100]	0.06
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.311 [0.442]	1.36	0.727 [0.650]	2.07
	주파수 CAP or 주파수 유보	0.0177 [0.533]	1.02	-0.205 [0.614]	0.81
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.910 [0.570]	0.40	-1.037 [0.637]	0.35
	경매 연도	-0.0870 [0.115]	0.92	-0.0108 [0.126]	0.99
	HHI	-0.000812* [0.000486]	1.00	-0.000583 [0.000556]	1.00
	지역변수 (아태지역 선진국)	0.911 [0.809]	2.49	1.491 [1.009]	4.44
	지역변수 (이머징 국가)	1.813* [1.009]	6.13	3.103 [1.958]	22.26
상수항		178.0 [231.3]		23.53 [254.2]	
관찰점 수		108		108	

분석 결과 조합 클락 경매(CCA) 방식 선택 시 승자의 저주의 발생 가능성은 기존사업자만이 경매에 참여할 경우 증가하고, 신규사업자가 함께 경매에 참여하는 경우 줄어들었으며, 가중치 적용 시 기존사업자만의 경매 참여 시 계수는 통계적으로 유의한 값을 가졌다. 한편, 최고가격 밀봉입찰 경매(FPSBA) 방식 선택 시 승자의 저주의 발생 가능성은 기존사업자만이 경매에 참여할 때는 줄어들고, 신규사업자가 함께 경매에 참여할 때에는 늘어나는 것으로 나타나 조합 클락 경매방식과 반대의 경향을 보였다. 이는 조합 클락 경매 또는 최고가격 밀봉입찰 경매방식 선택 시 승자의 저주의 발생 가능성이 늘어난다고 본 가설 2와는 부분적으로만 합치하는 결과이다.

통제변수의 회귀계수를 살펴보면, 최저경쟁가격이 커질수록 승자의 저주가 줄어드

는 것으로 나타났는데, 이는 최저경쟁가격이 증가할수록 주파수 가치에 대한 정보가 많아지고 하위 사업자의 참여가 어려워지기 때문으로 추정할 수 있다.

이번에는 가설 2의 검증을 위해 PPP 보정 전 값에 대해 분석을 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-23]과 같다. 결과는 전반적으로 PPP 보정 후와 크게 다르지 않은 것으로 나타났다.

[표 4-23] 가설 2 관련 회귀분석 (PPP 미보정)

분석방식		Logit	Logit Odds ratio	Logit (가중치 적용)	Logit 가중치 Odds ratio
독립변수	경매방식 (CCA, 기존사업자)	0.800 [0.617]	2.23	1.153 [0.765]	3.17
	경매방식 (FPSBA, 기존사업자)	-1.881* [1.121]	0.15	-3.181 [2.192]	0.04
	경매방식 (CCA, 신규사업자)	-1.100 [0.909]	0.33	-1.437 [1.461]	0.24
	경매방식 (FPSBA, 신규사업자)	0.367 [1.200]	1.44	1.714 [1.895]	5.55
통제변수	경매방식 (SMRA 신규사업자)	0.885 [0.899]	2.42	0.746 [0.921]	2.11
	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-3.914** [1.646]	0.02	-4.900** [2.159]	0.01
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.273 [0.441]	1.31	0.795 [0.678]	2.21
	주파수 CAP or 주파수 유보	0.182 [0.536]	1.20	0.00818 [0.624]	1.01
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.889 [0.571]	0.41	-1.021 [0.664]	0.36
	경매 연도	-0.105 [0.118]	0.90	-0.0239 [0.129]	0.98
	HHI	-0.000862* [0.000492]	1.00	-0.000608 [0.000553]	1.00
	지역변수 (아태지역 선진국)	0.675 [0.806]	1.96	1.314 [0.998]	3.72
	지역변수 (이머징 국가)	2.190* [1.124]	8.94	3.491* [2.069]	32.82
	1인당 PPP	2.62e-05 [2.68e-05]	1.00	3.13e-05 [2.94e-05]	1.00
상수항		212.8 [238.6]		48.68 [259.9]	
관찰점 수		108		108	

이번에는 경매 연도 변수를 범주화하여 가설 2에 대해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 Logit분석을 PPP 보정 전후 값에 대해 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-24, 25]과 같다.

[표 4-24] 가설 2 관련 회귀분석 (경매 연도 범주화, PPP 보정)

분석방식		Logit	Logit Odds ratio	Logit (가중치 적용)	Logit 가중치 Odds ratio
독립변수	경매방식 (CCA, 기존사업자)	1.379 [1.093]	3.97	2.619** [1.321]	13.72
	경매방식 (FPSBA, 기존사업자)	-3.345** [1.698]	0.04	-6.441** [3.046]	0.00
	경매방식 (CCA, 신규사업자)	-0.460 [1.060]	0.63	-0.664 [1.967]	0.51
	경매방식 (FPSBA, 신규사업자)	1.729* [0.943]	5.64	3.033** [1.196]	20.76
통제변수	경매방식 (SMRA 신규사업자)	1.410 [1.169]	4.10	0.876 [1.588]	2.40
	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-2.529*** [0.834]	0.08	-3.787*** [1.136]	0.02
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.459 [0.522]	1.58	0.609 [0.689]	1.84
	주파수 CAP or 주파수 유보	0.361 [0.688]	1.43	-0.0134 [0.827]	0.99
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.831 [0.725]	0.44	-1.445* [0.834]	0.24
	HHI	-0.00114* [0.000633]	1.00	-0.00151* [0.000788]	1.00
	지역변수 (아태지역 선진국)	1.279 [1.049]	3.59	2.115 [1.300]	8.29
	지역변수 (이머징 국가)	1.192 [1.371]	3.29	4.301* [2.576]	73.77
	2010년	0.688 [1.376]	1.99	-2.713 [1.666]	0.07
	2011년	0.677 [1.439]	1.97	-0.945 [1.696]	0.39
	2012년	0.0165 [1.539]	1.02	-2.246 [1.428]	0.11
	2013년	-0.701 [1.338]	0.50	-3.465** [1.465]	0.03
	2014년	0.857 [1.631]	2.36	-2.186 [1.760]	0.11
	2015년	2.628 [1.791]	13.85	0.769 [2.298]	2.16
	2016년	-1.476 [1.937]	0.23	-7.401 [4.575]	0.00
상수항		3.002 [2.413]		6.737** [2.839]	
관찰점 수		106		106	

[표 4-25] 가설 2 관련 회귀분석 (경매 연도 범주화, PPP 미보정)

분석방식		Logit	Logit Odds ratio	Logit (가중치 적용)	Logit 가중치 Odds ratio
독립변수	경매방식 (CCA, 기존사업자)	1.371 [1.127]	3.94	2.487* [1.374]	12.03
	경매방식 (FPSBA, 기존사업자)	-3.739** [1.872]	0.02	-7.081** [3.430]	0.00
	경매방식 (CCA, 신규사업자)	-0.743 [1.148]	0.48	-1.136 [2.037]	0.32
	경매방식 (FPSBA, 신규사업자)	1.436 [1.126]	4.20	2.842** [1.372]	17.15
통제변수	경매방식 (SMRA 신규사업자)	1.702 [1.152]	5.48	1.403 [1.576]	4.07
	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-4.499*** [1.546]	0.01	-7.149*** [2.073]	0.00
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.465 [0.532]	1.59	0.775 [0.823]	2.17
	주파수 CAP or 주파수 유보	0.600 [0.707]	1.82	0.323 [0.851]	1.38
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.762 [0.692]	0.47	-1.438* [0.788]	0.24
	HHI	-0.00126** [0.000626]	1.00	-0.00173** [0.000746]	1.00
	지역변수 (아태지역 선진국)	1.125 [1.068]	3.08	2.106 [1.281]	8.22
	지역변수 (이머징 국가)	1.813 [1.534]	6.13	5.056** [2.570]	156.96
	1인당 PPP	1.106 [1.542]	1.00	-2.209 [1.871]	1.00
	2010년	1.286 [1.639]	3.02	-0.0220 [1.906]	0.11
	2011년	0.369 [1.570]	3.62	-1.627 [1.459]	0.98
	2012년	-0.208 [1.531]	1.45	-2.726* [1.564]	0.20
	2013년	1.429 [1.867]	0.81	-1.066 [2.114]	0.07
	2014년	3.238 [2.001]	4.17	1.787 [2.907]	0.34
	2015년	-1.041 [2.027]	25.48	-6.756 [4.687]	5.97
	2016년	3.66e-05 [3.66e-05]	0.35	5.20e-05 [4.61e-05]	0.00
상수항		1.321 [3.203]		4.506 [3.987]	
관찰점 수		106		106	

앞의 분석과 비교해보면 가중치 적용 시에 조합 클락 경매방식으로 기존사업자만 참여하는 주파수 경매 시행 시 승자의 저주의 발생 가능성이 증가하며 이것이 통계적으로 유의한 값을 가짐이 확인된다. 반면에 신규사업자가 참여하는 경매를 조합 클락 경매방식으로 시행한 경우에는 승자의 저주의 발생 가능성이 줄어드는 것으로 나타났으나, 통계적으로 유의한 값을 띄지는 않았다. 한편, 최고가격 밀봉입찰 경매방식으로 주파수 경매 시행 시 기존사업자만 참여하는 경우에는 승자의 저주의 발생 가능성이 감소하지만, 신규사업자가 참여하는 경우에는 승자의 저주의 발생 가능성이 줄어들며, 둘 다 통계적으로 유의한 값을 나타냈다.

이번에는 경매 연도 변수를 범주화함과 동시에 국가를 클러스터 변수로 삼아 가설 2에 대해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 클러스터 표준오차 Logit분석을 PPP 보정 전후 값에 대해 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-26, 27]과 같다. 분석 결과는 앞의 결과와 거의 동일하게 나타났다.

[표 4-26] 가설 2 관련 회귀분석 (경매 연도 범주화, 국가 클러스터화, PPP 보정)

분석방식		Logit	Logit Odds ratio	Logit (가중치 적용)	Logit 가중치 Odds ratio
독립변수	경매방식 (CCA, 기존사업자)	1.379 [1.090]	3.97	2.619** [1.244]	13.72
	경매방식 (FPSBA, 기존사업자)	-3.345*** [1.052]	0.04	-6.441** [2.762]	0.00
	경매방식 (CCA, 신규사업자)	-0.460 [1.266]	0.63	-0.664 [2.224]	0.51
	경매방식 (FPSBA, 신규사업자)	1.729 [1.067]	5.64	3.033*** [1.141]	20.76
통제변수	경매방식 (SMRA 신규사업자)	1.410* [0.792]	4.10	0.876 [1.288]	2.40
	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-2.529*** [0.818]	0.08	-3.787*** [0.857]	0.02
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.459 [0.540]	1.58	0.609 [0.675]	1.84
	주파수 CAP or 주파수 유보	0.361 [0.557]	1.43	-0.0134 [0.741]	0.99
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.831 [0.674]	0.44	-1.445** [0.666]	0.24
	HHI	-0.00114* [0.000586]	1.00	-0.00151** [0.000752]	1.00
	지역변수 (아태지역 선진국)	1.279 [0.872]	3.59	2.115* [1.217]	8.29
	지역변수 (이머징 국가)	1.192 [1.136]	3.29	4.301* [2.503]	73.77
	2010년	0.688 [1.170]	1.99	-2.713* [1.510]	0.07
	2011년	0.677 [1.182]	1.97	-0.945 [1.495]	0.39
	2012년	0.0165 [1.435]	1.02	-2.246* [1.301]	0.11
	2013년	-0.701 [1.228]	0.50	-3.465** [1.504]	0.03
	2014년	0.857 [1.407]	2.36	-2.186 [1.377]	0.11
	2015년	2.628* [1.351]	13.85	0.769 [1.948]	2.16
	2016년	-1.476 [1.622]	0.23	-7.401 [4.579]	0.00
상수항		3.002 [2.113]		6.737*** [2.413]	
관찰점 수		106		106	

[표 4-27] 가설 2 관련 회귀분석 (경매 연도 범주화, 국가 클러스터화, PPP 미보정)

분석방식		Logit	Logit Odds ratio	Logit (가중치 적용)	Logit 가중치 Odds ratio
독립변수	경매방식 (CCA, 기존사업자)	1.371 [1.112]	3.94	2.487* [1.349]	12.03
	경매방식 (FPSBA, 기존사업자)	-3.739*** [1.127]	0.02	-7.081** [3.095]	0.00
	경매방식 (CCA, 신규사업자)	-0.743 [1.212]	0.48	-1.136 [2.297]	0.32
	경매방식 (FPSBA, 신규사업자)	1.436 [1.072]	4.20	2.842*** [1.097]	17.15
통제변수	경매방식 (SMRA 신규사업자)	1.702* [0.960]	5.48	1.403 [1.495]	4.07
	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-4.499*** [1.610]	0.01	-7.149*** [1.629]	0.00
	경쟁수준 (참가자/블록 수)	0.465 [0.541]	1.59	0.775 [0.773]	2.17
	주파수 CAP or 주파수 유보	0.600 [0.559]	1.82	0.323 [0.712]	1.38
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.762 [0.675]	0.47	-1.438** [0.640]	0.24
	HHI	-0.00126** [0.000605]	1.00	-0.00173** [0.000718]	1.00
	지역변수 (아태지역 선진국)	1.125 [0.958]	3.08	2.106* [1.196]	8.22
	지역변수 (이머징 국가)	1.813 [1.242]	6.13	5.056** [2.483]	156.96
	1인당 PPP	1.106 [1.606]	3.02	-2.209 [1.745]	0.11
	2010년	1.286 [1.631]	3.62	-0.0220 [1.748]	0.98
	2011년	0.369 [1.467]	1.45	-1.627 [1.302]	0.20
	2012년	-0.208 [1.537]	0.81	-2.726* [1.544]	0.07
	2013년	1.429 [1.911]	4.17	-1.066 [1.924]	0.34
	2014년	3.238* [1.832]	25.48	1.787 [2.699]	5.97
	2015년	-1.041 [1.750]	0.35	-6.756 [4.396]	0.00
	2016년	1.321 [3.182]	3.75	4.506 [3.199]	90.56
상수항		106 [3.203]		106 [3.987]	
관찰점 수		106		106	

3. 가설 3에 대한 회귀분석 결과

가설 3의 검증을 위해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 OLS 분석을 PPP 보정 후 값에 대해 시행하되, 각 관측치에 동일한 가중치를 부여한 분석과 각 분석대상의 경매대상 주파수 폭을 가중치로 부여한 분석을 별도로 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-28]과 같다.

[표 4-28] 가설 3 관련 회귀분석 (PPP 보정)

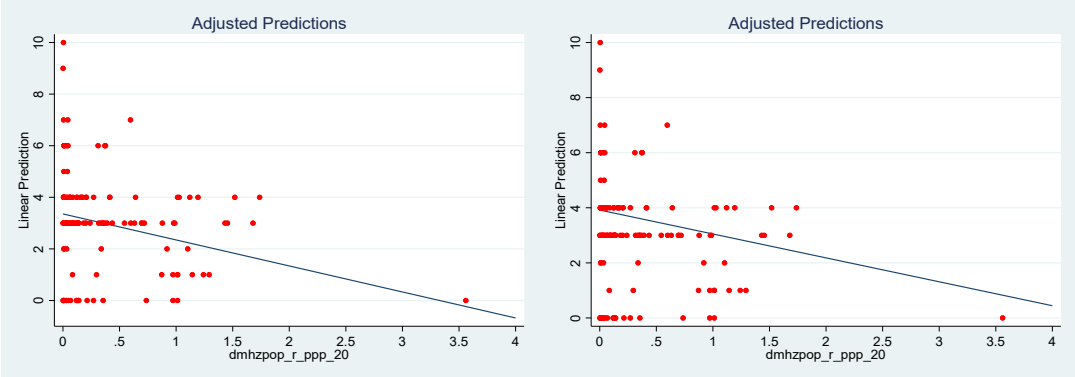
분석방식		OLS	OLS (가중치 적용)
독립 변수	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-1.008*** [0.287]	-0.868** [0.343]
통제 변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.518 [0.389]	0.554 [0.406]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.377** [0.172]	0.114 [0.200]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.0115 [0.375]	0.459 [0.406]
	경매 연도	-0.104 [0.124]	-0.143 [0.163]
	HHI	-0.000294 [0.000365]	-0.000220 [0.000390]
	지역변수 (아태지역 선진국)	0.217 [0.734]	0.806 [1.122]
	지역변수 (이머징 국가)	0.607 [0.484]	0.195 [0.669]
	인구밀도	0.00517*** [0.00168]	0.00328* [0.00176]
상수항		213.0 [249.9]	290.4 [327.2]
관찰점 수		130	130
R-squared		0.183	0.153

분석 결과 독립변수인 최저경쟁가격이 상승할수록 입찰자 수가 줄어드는 효과가 통계적으로 유의하게 있음이 확인되어 가설과 일치하는 결과가 나타났다.

통제변수 중에는 망 구축의무가 높을수록, 인구밀도가 높을수록 입찰자가 통계적으로 유의하게 늘어나는 것으로 나타났는데, 망 구축의무가 높게 설정된 경매대상 주파수 대역의 경우 경제적 가치가 크므로 입찰자가 늘어날 개연성도 커진다고 설명할 수 있다. 높은 인구밀도도 주파수의 경제적 가치를 높이므로 입찰자의 증가로 이어지는 것에 합당한 점이 있다고 볼 수 있다. 주파수 보유 한도 또는 신규사업자를 위한 주파수 유보 설정 시 입찰자가 증가하는 것 역시 예상과 일치하는 결과이다.

본 분석 결과를 그래프로 표현한 결과는 [그림 4-13]과 같다. 남색 선은 최저경쟁가격과 입찰자 수의 관계를 표현한 회귀선이며, 붉은 점은 실제 치러진 경매의 최저경쟁가격에 따른 입찰자 수 분포를 나타낸다.

[그림 4-13] 가설 3 관련 OLS(좌)와 가중치 OLS(우) 그래프 (PPP 보정)



이번에는 가설 3의 검증을 위해 PPP 보정 전 값에 대해 분석을 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-29]와 같다.

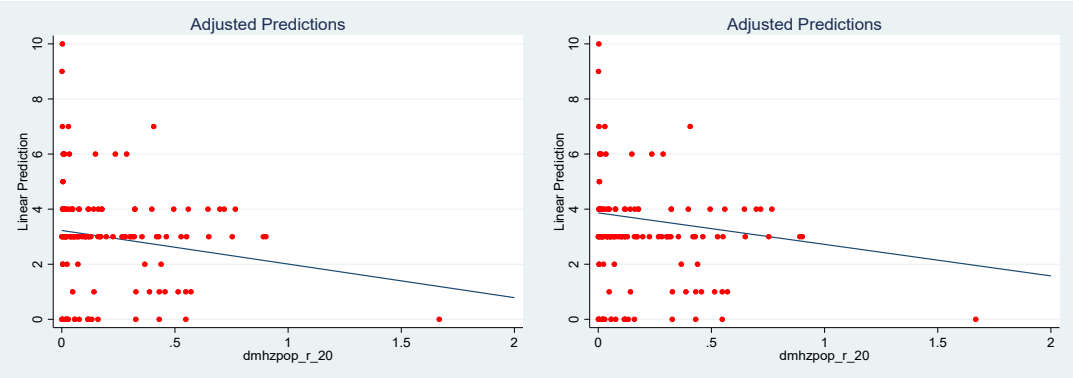
[표 4-29] 가설 3 관련 회귀분석 (PPP 미보정)

분석방식		OLS	OLS (가중치 적용)
독립변수	최저경쟁가격	-1.219* [0.632]	-1.144 [0.711]
통제변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.709* [0.367]	0.702* [0.395]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.389** [0.165]	0.134 [0.200]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	0.192 [0.365]	0.648* [0.383]
	경매 연도	-0.137 [0.128]	-0.147 [0.169]
	HHI	-0.000453 [0.000399]	-0.000255 [0.000414]
	지역변수 (아태지역 선진국)	0.271 [0.737]	0.842 [1.131]
	지역변수 (이머징 국가)	1.490*** [0.553]	0.637 [0.732]
	인구밀도	0.00619*** [0.00151]	0.00390** [0.00182]
	1인당 PPP	5.28e-05*** [1.64e-05]	2.84e-05* [1.65e-05]
상수항		275.7 [256.9]	298.7 [340.6]
관찰점 수		130	130
R-squared		0.227	0.161

최저경쟁가격과 입찰자 수는 여전히 음의 관계에 있으나 PPP 보정 후와 비교할 때 통계적 유의성은 떨어지는 결과가 나타났다. 통제변수들의 회귀결과는 크게 다르지 않았으나, 새로 추가된 1인당 PPP 변수의 계수가 추가적으로 통계적 유의성을 가지는 것으로 확인되었다.

본 분석 결과를 그래프로 표현한 결과는 [그림 4-14]와 같으며, 그래프의 해석 방법은 상기의 분석과 동일하다.

[그림 4-14] 가설 3 관련 OLS(좌)와 가중치 OLS(우) 그래프 (PPP 미보정)



이번에는 경매 연도 변수를 범주화하여 가설 3에 대해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 OLS 회귀분석을 PPP 보정 전후 값에 대해 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-30, 31]과 같다. 최저경쟁가격 관련 계수는 여전히 음의 값을 가지나, 앞의 분석 결과와는 달리 통계적 유의성은 사라지는 것으로 나타났다. 또한 분석 결과를 그래프로 표현한 결과는 [그림 4-15, 16]과 같으며, 그래프의 해석 방법은 상기의 분석과 동일하다.

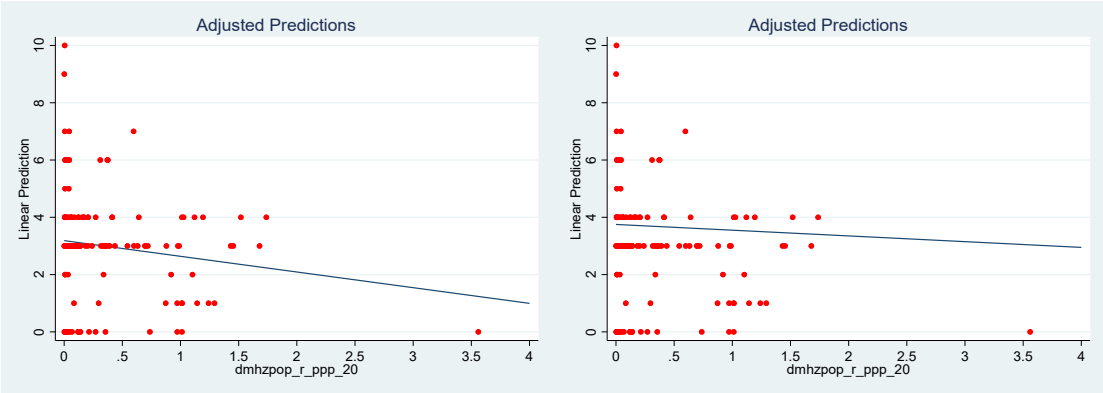
[표 4-30] 가설 3 관련 회귀분석 (연도 범주화, PPP 보정)

분석방식		OLS	OLS (가중치 적용)
독립 변수	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-0.548 [0.367]	-0.200 [0.454]
통제 변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.560* [0.327]	0.565* [0.326]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.350* [0.178]	0.0624 [0.198]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.202 [0.349]	0.279 [0.346]
	HHI	-0.000685* [0.000410]	-0.000823** [0.000373]
	지역변수 (아태지역 선진국)	-0.222 [0.466]	-0.531 [0.517]
	지역변수 (이머징 국가)	1.228*** [0.422]	0.607 [0.517]
	인구밀도	0.00655*** [0.00153]	0.00459*** [0.00157]
	2008년	-7.338*** [0.746]	-7.839*** [0.885]
	2010년	-8.145*** [1.000]	-8.236*** [0.958]
	2011년	-9.829*** [0.755]	-9.211*** [0.826]
	2012년	-8.497*** [0.642]	-8.001*** [0.591]
	2013년	-8.813*** [0.626]	-8.287*** [0.524]
	2014년	-9.773*** [0.739]	-9.092*** [0.620]
	2015년	-9.672*** [0.749]	-8.766*** [0.706]
	2016년	-10.13*** [0.669]	-9.604*** [0.732]
	2017년	-6.978*** [0.856]	-6.667*** [1.083]
상수항		12.87*** [1.994]	13.69*** [2.053]
관찰점 수		130	130
R-squared		0.479	0.543

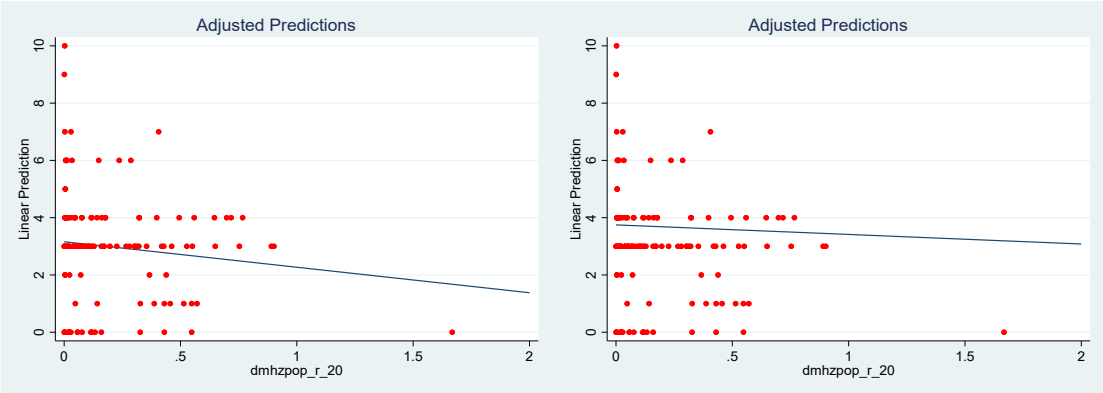
[표 4-31] 가설 3 관련 회귀분석 (연도 범주화, PPP 미보정)

분석방식		OLS	OLS (가중치 적용)
독립 변수	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-0.891 [0.737]	-0.334 [0.809]
통제 변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.644** [0.324]	0.654** [0.323]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.374** [0.171]	0.0914 [0.200]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.0984 [0.334]	0.379 [0.308]
	HHI	-0.000673 [0.000430]	-0.000830** [0.000383]
	지역변수 (아태지역 선진국)	-0.278 [0.455]	-0.531 [0.502]
	지역변수 (이머징 국가)	1.596*** [0.529]	0.859 [0.613]
	인구밀도	0.00724*** [0.00162]	0.00510*** [0.00173]
	1인당 PPP	-7.802*** [0.754]	-8.138*** [0.842]
	2008년	-8.471*** [1.014]	-8.454*** [0.936]
	2010년	-9.927*** [0.739]	-9.274*** [0.782]
	2011년	-9.077*** [0.796]	-8.330*** [0.666]
	2012년	-9.120*** [0.636]	-8.465*** [0.546]
	2013년	-9.954*** [0.722]	-9.160*** [0.578]
	2014년	-9.987*** [0.751]	-8.971*** [0.696]
	2015년	-10.40*** [0.668]	-9.743*** [0.720]
	2016년	-7.429*** [0.925]	-6.895*** [1.103]
	2017년	2.83e-05 [2.30e-05]	1.91e-05 [1.95e-05]
상수항		11.75*** [2.403]	12.90*** [2.382]
관찰점 수		130	130
R-squared		0.487	0.548

[그림 4-15] 가설 3 관련 연도 범주화 OLS(좌)와 가중치 OLS(우) 그래프 (PPP 보정)



[그림 4-16] 가설 3 관련 연도 범주화 OLS(좌)와 가중치 OLS(우) 그래프 (PPP 미보정)



이번에는 경매 연도 변수를 범주화함과 동시에 국가 변수를 클러스터 변수를 삼아 가설 3에 대해 1절의 종속, 독립 및 통제변수에 대한 클러스터 표준오차 OLS 회귀분석을 PPP 보정 전후 값에 대해 시행하였으며, 그 결과는 [표 4-32, 33]과 같다. 분석 결과는 앞의 분석 결과와 거의 동일하다. 또한 분석 결과를 그래프로 표현한 결과는 [그림 4-17, 18]과 같으며, 그래프의 해석 방법은 상기의 분석과 동일하다.

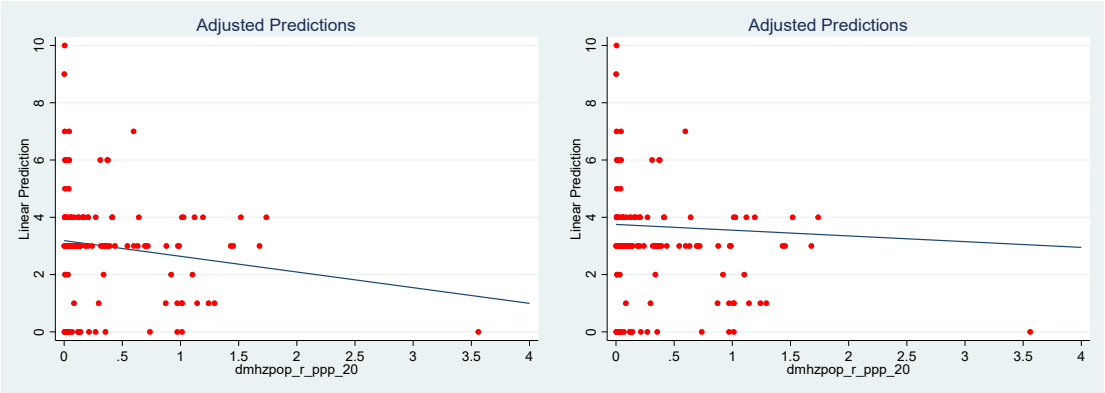
[표 4-32] 가설 3 관련 회귀분석 (연도 범주화, 국가 클러스터화, PPP 보정)

분석방식		OLS	OLS (가중치 적용)
독립 변수	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-0.548 [0.347]	-0.200 [0.440]
통제 변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.560* [0.284]	0.565** [0.224]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.350** [0.164]	0.0624 [0.221]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.202 [0.299]	0.279 [0.331]
	HHI	-0.000685 [0.000465]	-0.000823* [0.000462]
	지역변수 (아태지역 선진국)	-0.222 [0.331]	-0.531 [0.514]
	지역변수 (이머징 국가)	1.228*** [0.400]	0.607 [0.389]
	인구밀도	0.00655*** [0.00209]	0.00459* [0.00235]
	2008년	-7.338*** [0.714]	-7.839*** [0.999]
	2010년	-8.145*** [0.939]	-8.236*** [1.043]
	2011년	-9.829*** [0.688]	-9.211*** [0.939]
	2012년	-8.497*** [0.455]	-8.001*** [0.637]
	2013년	-8.813*** [0.403]	-8.287*** [0.438]
	2014년	-9.773*** [0.589]	-9.092*** [0.649]
	2015년	-9.672*** [0.704]	-8.766*** [0.731]
	2016년	-10.13*** [0.645]	-9.604*** [0.796]
	2017년	-6.978*** [0.874]	-6.667*** [1.296]
상수항		12.87*** [2.121]	13.69*** [2.373]
관찰점 수		130	130
R-squared		0.479	0.543

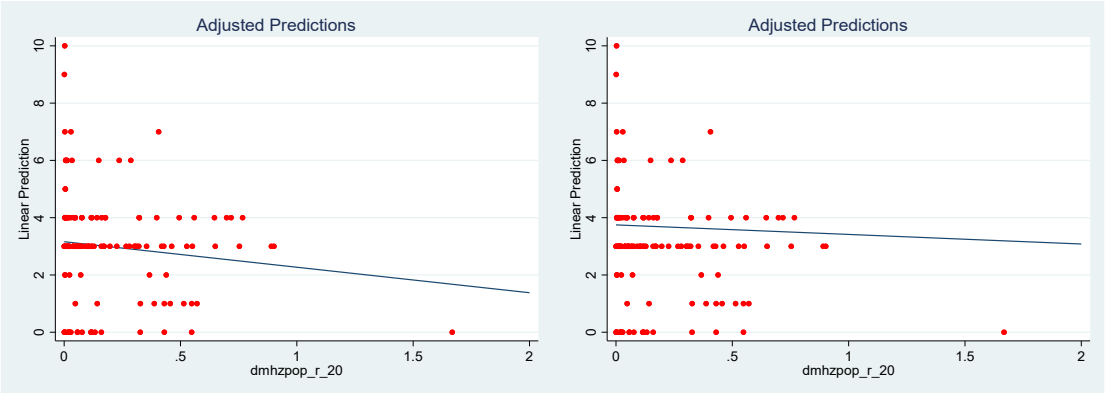
[표 4-33] 가설 3 관련 회귀분석 (연도 범주화, 국가 클러스터화, PPP 미보정)

분석방식		OLS	OLS (가중치 적용)
독립 변수	최저경쟁가격 (PPP 보정)	-0.891 [0.729]	-0.334 [0.770]
통제 변수	주파수 CAP or 주파수 유보	0.644** [0.277]	0.654*** [0.223]
	망 구축의무 (50% 초과)	0.374** [0.160]	0.0914 [0.223]
	주파수 대역 (1.8GHz 초과)	-0.0984 [0.301]	0.379 [0.279]
	HHI	-0.000673 [0.000482]	-0.000830* [0.000467]
	지역변수 (아태지역 선진국)	-0.278 [0.352]	-0.531 [0.505]
	지역변수 (이머징 국가)	1.596*** [0.487]	0.859 [0.516]
	인구밀도	0.00724*** [0.00217]	0.00510* [0.00250]
	1인당 PPP	2.83e-05 [1.98e-05]	1.91e-05 [2.08e-05]
	2008년	-7.802*** [0.721]	-8.138*** [0.953]
	2010년	-8.471*** [0.963]	-8.454*** [0.995]
	2011년	-9.927*** [0.662]	-9.274*** [0.878]
	2012년	-9.077*** [0.617]	-8.330*** [0.706]
	2013년	-9.120*** [0.440]	-8.465*** [0.465]
	2014년	-9.954*** [0.574]	-9.160*** [0.610]
	2015년	-9.987*** [0.687]	-8.971*** [0.692]
	2016년	-10.40*** [0.651]	-9.743*** [0.771]
	2017년	-7.429*** [0.878]	-6.895*** [1.248]
상수항		11.75*** [2.642]	12.90*** [2.839]
관찰점 수		130	130
R-squared		0.487	0.548

[그림 4-17] 가설 3 관련 연도 범주화, 국가 클러스터화 OLS(좌)와 가중치 OLS(우) 그래프 (PPP 보정)



[그림 4-18] 가설 3 관련 연도 범주화, 국가 클러스터화 OLS(좌)와 가중치 OLS(우) 그래프 (PPP 미보정)



제5장 결론

제1절 연구결과의 요약

본 연구의 목표는 경매 수익 극대화와 주파수 할당의 효율성 향상이라는 주파수 경매제도의 도입 취지를 더욱 잘 반영할 수 있는 경매 디자인 요소를 실증분석을 통하여 검토하는 것이었다. 이를 위해, 주파수 경매의 디자인 요소 중에서도 핵심으로 꼽히는 경매방식과 최저경쟁가격이 경매 낙찰가 및 효율성에 미치는 영향을 분석하였다.

먼저 경매 디자인이 낙찰가에 미치는 영향을 검토하기 위해, 경매방식 중 입찰 과정에서 경쟁 입찰자의 입찰 정보를 덜 공개시키는 조합 클락 경매(CCA)와 최고가격 밀봉입찰 경매(FPSBA)가 최저경쟁가격이 입찰 과정에서 경쟁 입찰자의 입찰 정보를 더 공개시켜 공모에 더 취약한 동시오름 경매(SMRA) 대비 주파수 경매 낙찰가를 끌어올리는 효과가 있는지를 분석하였다. 그리고 이러한 경매방식이 효율성에 미치는 영향을 검토하기 위해 조합 클락 경매 또는 최고가격 밀봉입찰 경매방식이 입찰 과정에서 얻을 수 있는 정보의 양을 줄여 점유율 하위 사업자나 신규사업자가 더 많은 주파수 자원을 획득하는 승자의 저주의 발생을 촉진하는지를 분석하였다.

또한, 최저경쟁가격의 경매에의 영향을 파악하기 위해, 먼저 높은 최저경쟁가격이 경매 참여자의 수를 줄여 잠재적으로 신규사업자의 시장 진입을 저해하는 요소로 작용하는지를 분석하였다. 그리고 높은 최저경쟁가격이 주파수 경매 낙찰가를 끌어올리는지를 분석하였다.

이를 위하여 OECD 31개국에서 2007년부터 2017년까지 52회 치러진 138건의 4G 주파수 경매 데이터와 경매 시점의 무선통신 기술 및 시장 관련 데이터, 물리 및 사회경제적 특성 데이터를 대상으로 한 회귀분석을 시행하였다. 경매 디자인이 낙찰가에 미치는 영향과 관련해서는 주파수의 잠재 가치가 최저경쟁가격에 미달할 경우 유찰이 이뤄질 수 있는 경매의 특성을 고려하여 OLS 회귀분석과 함께 최저경쟁가격을 좌측 한계로 삼는 Tobit 분석을 함께 수행하였다. 경매방식에 따른 승자의 저주의 발생 가능성의 검토를 위해서는 Logit 분석을 수행하였으며, 최저경쟁가격이 입찰자 수에 미치는 영향을 검토하기 위해서는 OLS 회귀분석을 수행하였다.

분석 결과, 먼저 경매방식 중에서는 조합 클락 경매가 동시오름 경매 대비 주파수 낙찰가를 끌어 올리는 효과가 있는 것으로 나타났다. 반면 최고가격 밀봉입찰 경매방식의 주파수 낙찰가에의 영향 계수는 통계적 유의성을 가지지 않아, 조합 클락 경매 또는 최고가격 밀봉입찰 경매방식이 동시오름 경매방식보다 낙찰가를 높게 할

것이란 가설 1과는 경매방식별로 엇갈리는 결과를 보였다.

한편, 경매방식이 신규 참여 여부와 맞물려 승자의 저주의 발생 가능성에 미치는 영향을 분석한 결과, 기존사업자들만이 참여할 경우 동시오름 경매방식과 비교했을 때 조합 클락 경매방식은 승자의 저주의 발생 가능성을 상승시키고, 최고가격 밀봉입찰 경매는 승자의 저주의 발생 가능성을 하락시키는 것으로 나타났으며, 신규사업자가 함께 참여했을 때 동시오름 경매방식과 비교하여 최고가격 밀봉입찰 경매는 승자의 저주의 발생 가능성을 상승시킨 반면, 조합 클락 경매는 승자의 저주의 발생 가능성을 낮춘 것으로 나타나, 경매방식별로 엇갈린 결과가 확인되었다.

한편, 최저경쟁가격이 경매에 미치는 영향을 검토한 결과, 먼저 최저경쟁가격이 높아질수록 경매 참여자 수는 통계적으로 유의하게 줄어드는 것으로 나타나 가설 3과 합치하는 결과를 보였다. 또한, 최저경쟁가격이 상승할 경우 낙찰가도 통계적으로 유의하게 상승하는 것으로 나타나 가설 4와 일치하는 결과를 보였다.

이러한 결과를 바탕으로 연구가설과 이의 채택 여부를 살펴보면 다음과 같다.

[표 5-1] 연구가설과 이의 채택 여부

가설	분석 결과	채택 여부
가설 1	조합 클락 경매방식 선택 시 동시오름 경매 선택 시보다 낙찰가가 상승한다.	부분 채택
가설 2	기존사업자만이 참여할 때는 조합 클락 경매 시 승자의 저주의 발생 가능성이 상승하고, 신규사업자가 함께 참여할 때는 최고가격 밀봉입찰 경매 시 승자의 저주의 발생 가능성이 상승한다.	부분 채택
가설 3	최저경쟁가격이 상승할수록 입찰자 수가 줄어든다.	채택
가설 4	최저경쟁가격이 상승할수록 낙찰가가 상승한다.	채택

제2절 연구의 의의 및 한계

1. 연구의 의의

본 연구 결과가 가지는 의의 및 정책적 시사점을 정리하면 다음과 같다.

먼저 경매방식이 낙찰가 및 승자의 저주의 발생에 미치는 영향에 대한 분석 결과를 검토해 보면. 낙찰가와 관련해서는 입찰 정보를 덜 공개시키는 조합 클락 경매가 공모를 방지함으로써 동시오름 경매보다 경매 낙찰가를 끌어 올리는 것으로 보이는 반면, 최고가격 밀봉입찰 경매가 동시오름 경매방식 대비 낙찰가에 미치는 영향은 불명확한 것으로 나타났다. 한편 경매방식에 따른 정보 제한이 승자의 저주에 미치는 영향은 조합 클락 경매와 최소가격 밀봉 입찰의 영향이 상반되게 나타났다. 조합 클락 경매방식의 경우 기존사업자만이 참여한 입찰에서도 승자의 저주의 발생

가능성이 증가해 사업자들이 합리적인 입찰에 어려움을 겪는 것으로 나타난 반면, 최소가격 밀봉 입찰 방식의 경우 기존사업자만이 참여한 경매의 승자의 저주의 발생 가능성은 줄어드는 반면, 신규사업자가 참여한 경매의 승자의 저주의 발생 가능성은 커지는 것으로 나타나 기존사업자가 합리적인 입찰을 상대적으로 수월하게 수행하는 것으로 나타났다. 상기 결과를 종합할 경우, 조합 클락 경매방식은 낙찰가 극대화의 관점에서는 공모를 배제하여 최고가격 밀봉입찰 경매 및 동시오름 경매 대비 장점을 갖추고 있으나, 경매방식의 복잡성이 합리적인 입찰을 어렵게 하여 승자의 저주의 발생 가능성을 늘리는 등 시장 효율성의 측면에서는 단점이 있는 것으로 보인다. 또한, 조합 클락 경매의 입찰 과정 및 가치 산출의 복잡성은 통신사업자 및 규제당국에 추가적인 부담을 지울 수 있고 같은 주파수 대역에 대해서도 사업자별로 부담하는 비용이 달라지는 불공정성이 존재하기 때문에(GSMA, 2014) 본 경매방식의 활용에는 더욱 신중한 고려가 필요할 것으로 여겨진다.

최저경쟁가격이 주파수 경매에 미치는 영향을 살펴본 결과, 먼저 높은 최저경쟁가격은 경매에 참여하는 사업자를 줄어들게 하는 것으로 확인되었다. 한편, 최저경쟁가격이 낙찰가에 미치는 영향에 대한 분석 결과를 보면 최저경쟁가격이 상승할 경우 낙찰가도 상승하는 것으로 나타났다. 이는 3G 경매 데이터를 기반으로 최저경쟁가격의 낙찰가 영향을 분석한 Madden(2015)의 연구결과와는 반대이지만, 본 연구와 마찬가지로 4G 경매 데이터를 기반으로 최저경쟁가격의 낙찰가 영향을 분석한 임동민(2017)의 연구결과와는 합치한다. 이처럼 분석대상 경매를 바꿈에 따라 결론이 달라지게 된 원인으로는 다음의 두 가지 요소를 고려해볼 수 있다. 첫째는 각국의 정부 당국이 4G 주파수 경매 시에는 주파수의 잠재적 시장가치를 더 잘 고려했을 가능성이다. 임동민(2017)은 4G 경매 낙찰가가 최저경쟁가격과 정의 관계를 나타내는 이유로 3G 때는 신규사업자의 진입을 위해 최저경쟁가격을 의도적으로 시장 가치보다 낮게 설정하였지만, 4G 경매 때에는 신규사업자의 진입이 어려워지면서 최저경쟁가격을 시장가치에 최대한 근접하여 설정한 결과로 해석하였다. 둘째는 각국의 정부 당국이 최저경쟁가격의 수준을 설정하는 과정에서 타국의 주파수 경매 낙찰가를 참고하는 벤치마킹 방식을 채택하는 경우가 많은데, 이 과정을 거쳐 최종 결정된 최저경쟁가격이 타국의 주파수 경매 낙찰가에 수렴했을 가능성이다. Zehel(2019)은 실제로 많은 국가의 정부당국이 과거에 타국에서 진행된 주파수 경매의 낙찰가를 벤치마킹하여 최저경쟁가격을 결정하는 경우가 많음을 지적하며, 이것이 주파수 가치가 점차 낮아지는 최근의 추세에 역행하여 지나치게 높은 수준의 최저경쟁가격을 설정하게 되는 결과로 이어질 수 있음을 경고하였다. 결과를 종합해보면, 최저경쟁가격이 낙찰가와 경매 참여자 수에 미치는 영향은 서로 Trade-off 관계에 있다고 볼 수 있다.

또한, 독립변수들 외에 낙찰가와 통제변수들 사이의 관계에도 주목해볼 필요가 있

다. 먼저, 경매 연도와 낙찰가의 관계를 보면 경매가 뒤에 이루어질수록 낙찰가가 통계적으로 유의하게 하락하는 것으로 나타나는데, 이는 3장에서 설명한 각 무선통신 세대의 기술 사이클과의 관계에 따른 것으로, 한 무선통신 기술세대가 퇴화함에 따라 이를 위해 이용되는 주파수의 가치도 하락하는 것으로 추정된다. 2020년 한국의 4G 주파수 재할당과 관련해 기존의 낙찰가를 재할당 가치의 기준가로 삼는 것에 대한 규제 당국과 통신사 간의 논란이 존재하였는데, 이와 같은 주파수 가치와 기술 사이클 간의 관계를 고려하면 재할당 가치 산정에 있어 과거 낙찰가를 단순히 참고하는 것은 재고의 여지가 있다고 여겨진다. 한편, 1인당 무선통신 시장 매출과 주파수 경매 낙찰가의 통계적 유의성이 높지 않게 나타났는데, 이는 주파수 비용은 매몰비용이어서 소비자 요금 설정, 망 투자 등 통신 서비스와 관련된 사업자의 의사결정에 영향을 미치지 않는다는 이론의 내용(Kwerel 2000)과 합치하는 결과이다. 단, 주파수 경매로 인해 발생한 비용은 현재의 요금보다는 미래의 요금과 더 많은 관련성을 가질 것임을 고려하면, 주파수 경매 이후의 요금과 주파수 비용의 관련성을 추가로 살펴볼 필요가 있다. 또한, 시장 집중도를 의미하는 HHI가 높을수록 낙찰가가 통계적으로 유의하게 하락하는 것을 보면 소비자 편익 확대뿐만 아니라 경매 수익 극대화를 위해서도 무선통신 시장의 경쟁을 촉진할 필요가 있음을 확인할 수 있다.

2. 연구의 한계점 및 보완 방향

먼저, 분석대상이 OECD 회원국 31개국에서 진행된 4G 주파수 경매에 한정된 점은 연구결과의 일반화에 한계로 작용할 수 있다. 이를 보완하기 위해서는 향후 더 많은 국가의, 다른 통신 기술세대의 주파수 경매결과에 관해서도 추가적인 연구를 진행할 필요가 있다고 생각된다. 또한 공개된 경매 관련 데이터의 수준에도 시기 및 국가별로 차이가 있어, 경매 및 입찰 과정과 관련된 보다 상세한 데이터의 획득이 가능하다면 보다 높은 수준의 분석이 가능할 것이다. 또한, 경제권과 경매 연도를 통제하였으나 간헐적으로 시행되는 경매 데이터의 한계 상 고정효과 패널 분석이 아닌 Pooled OLS 구조의 분석을 수행한 점도 한계점으로 여겨진다.

한편, 주파수 비용은 매몰비용으로 통신 서비스와 관련된 사업자의 의사결정에 영향을 미치지 않기 때문에 다른 방식으로 세수를 확대하는 것보다는 주파수 할당가를 극대화하는 것이 효율성에 덜 손실을 미친다는 매몰비용 이론(Kwerel 2000)은 주파수 할당 대가를 극대화하는 정책의 근거로 활용됐다. 그러나, 실제로는 높은 주파수 할당가가 더 큰 소비자 후생 손실로 이어질 수 있다는 연구가 존재한다.(Hazlett 2009) GSMA도 주파수 낙찰가에 영향을 미치는 경매 디자인 요소들이 높은 투자비용과 소비자 가격, 부족한 요금 경쟁으로 이어져 소비자 후생에 손실을

미칠 수 있다고 지적하였다.(GSMA 2017) 본 연구의 분석에서는 주파수 낙찰가와 무선통신 요금 간의 관계는 불명확한 것으로 나타났지만, 경매 해당 연도의 요금만을 분석에 포함한 한계가 있었다. 향후 보다 합리적인 주파수 경매제도의 설계를 위해서는 요금과 인프라스트럭처 등 낙찰가가 소비자 후생에 미치는 영향에 관한 추가적인 연구를 수행할 필요가 있을 것이다.

참 고 문 헌

Alden, John. "Exploring the value and economic valuation of spectrum." Rapport voor de ITU (2012).

Arthur D Little, “LTE Spectrum and Network Strategies”(2012)

Ausubel, Lawrence M., and Oleg V. Baranov. "Market design and the evolution of the combinatorial clock auction." American Economic Review 104.5 (2014): 446-51.

Ausubel, Lawrence M., and Paul R. Milgrom. "Package Bidding Vickrey vs. Ascending Auctions." Revue économique 53.3 (2002): 391-402.

Ausubel, Lawrence M., Peter Cramton, and Paul Milgrom. "The clock-proxy auction: A practical combinatorial auction design." Handbook of Spectrum Auction Design (2006): 120-140.

Ausubel, Lawrence, and Paul Milgrom. "Ascending auctions with package bidding." Frontiers of theoretical economics 1.1 (2002): 1019.

Bajari, Patrick, and Jungwon Yeo. "Auction design and tacit collusion in FCC spectrum auctions." Information Economics and Policy 21.2 (2009): 90-100.

Basili, Marcello, and Fulvio Fontini. "The option value of the UK 3G Telecom licences: Was too much paid?." info (2003).

Bedard, Nicolas C., et al. The Favored but Flawed Simultaneous Multiple-Round Auction. No. 2020/03. 2020.

Bichler, Martin, Pasha Shabalin, and Jürgen Wolf. "Do core-selecting combinatorial clock auctions always lead to high efficiency? An experimental analysis of spectrum auction designs." Experimental Economics 16.4 (2013): 511-545.

Binmore, Ken, and Paul Klemperer. "The biggest auction ever: The sale of the British 3G telecom licences." The Economic Journal 112.478 (2002): C74-C96.

Coase, Ronald H. "The federal communications commission." The Journal of Law and Economics 2 (1959): 1-40.

Cramton, Peter, et al. "Using spectrum auctions to enhance competition in wireless services." The Journal of Law and Economics 54.S4 (2011): S167-S188.

Cramton, Peter, Robert Gibbons, and Paul Klemperer. "Dissolving a partnership efficiently." Econometrica: Journal of the Econometric Society (1987): 615-632.

Cramton, Peter. "Simultaneous ascending auctions." Wiley Encyclopedia of

Operations Research and Management Science (2010).
Cramton, Peter. "Spectrum auction design." Review of industrial organization 42.2 (2013): 161-190.
Cramton, Peter. "Spectrum auctions." Handbook of telecommunications economics 1 (2002): 605-639.
Damodaran, Aswath. “Data : Archives” http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/dataarchived.html#discrate
DotEcon, “International benchmarking of 900MHz and 1800MHz spectrum value” (2013)
Fox, Jeremy T., and Patrick Bajari. "Measuring the efficiency of an FCC spectrum auction." American economic journal: Microeconomics 5.1 (2013): 100-146.
Goeree, Jacob K., Charles Asbury Holt, and John O. Ledyard. An experimental comparison of the FCC's combinatorial and non-combinatorial simultaneous multiple round auctions. Federal Communications Commission, Wireless Telecommunications Bureau, 2006.
Gruber, Harald. "3G mobile telecommunications licenses in Europe: a critical review." info (2007).
Gruber, Harald. "Spectrum limits and competition in mobile markets: the role of licence fees." Telecommunications Policy 25.1-2 (2001): 59-70.
GSMA, “The Cost of Spectrum Auction Distortions” (2014)
GSMA, “Introdiucing radio spectrum”(2017)
Hazlett, Thomas W., and Roberto E. Muñoz. "A welfare analysis of spectrum allocation policies." The RAND Journal of Economics 40.3 (2009): 424-454.
Ihle, Hans-Martin, Richard Marsden, and Peter Traber. "Does the choice of auction format affect prices in spectrum auctions?." (2018).
Lee, Hyeongjik, Seongho Seol, and Soocheon Kweon. "Identifying the winner's curse in the first spectrum auction in the Republic of Korea using an event study approach." ETRI Journal 35.6 (2013): 1126-1133.
Kagel, John H., and Dan Levin. "Behavior in multi unit demand auctions: experiments with uniform price and dynamic Vickrey auctions." Econometrica 69.2 (2001): 413-454.
Kagel, John H., and Dan Levin. Common value auctions and the winner's curse. Princeton University Press, 2009.
Klemperer, Paul. "What really matters in auction design." Journal of economic

perspectives 16.1 (2002): 169-189.
Koutroumpis, Pantelis, and Martin Cave. "Auction design and auction outcomes." Journal of Regulatory Economics 53.3 (2018): 275-297.
Kwerel, Evan. "Spectrum auctions do not raise the price of wireless services: Theory and evidence." Federal Communications Commission White Paper. (2000).
Luis Guillermo Alarcon Lopez, “the impact of obligations in spectrum value”, IDB Discussion Paper 526
Madden, Gary, Ismail Sağlam, and Aaron Morey. Auction design and the success of national 3G spectrum auctions. No. 1007. Working paper, 2010.
Madden, Gary, Ismail Saglam, and Inayat Hussain. "Spectrum auction designs and revenue variations." Applied Economics 47.17 (2015): 1748-1763.
Marsden, Richard, Hans-Martin Ihle, and Peter Traber. "The Impact of High Spectrum Costs on Mobile Network Investment and Consumer Prices." (2017).
McAfee, R. Preston, and John McMillan. "Auctions and bidding." Journal of economic literature 25.2 (1987): 699-738.
McMillan, John. "Selling spectrum rights." Journal of Economic Perspectives 8.3 (1994): 145-162.
Milgrom, Paul R., and Robert J. Weber. "A theory of auctions and competitive bidding." Econometrica: Journal of the Econometric Society (1982): 1089-1122.
Milgrom, Paul, and Paul Robert Milgrom. Putting auction theory to work. Cambridge University Press, 2004.
Milgrom, Paul. "Putting auction theory to work: The simultaneous ascending auction." Journal of political economy 108.2 (2000): 245-272.
Myerson, Roger B. "Optimal auction design." Mathematics of operations research 6.1 (1981): 58-73.
Park, Minsoo, Sang-Woo Lee, and Yong-Jae Choi. "Does spectrum auctioning harm consumers? Lessons from 3G licensing." Information Economics and Policy 23.1 (2011): 118-126.
Qualcomm, “Global Update on spectrum for 4G & 5G” (2020)
Riley, John G., and William F. Samuelson. "Optimal auctions." The American Economic Review 71.3 (1981): 381-392.
Sutton, John. Technology and market structure: theory and history. MIT press, 2001.
Strategy Analytics, “Worldwide Cellular User Forecast 2016-2022”,

https://telecoms.com/472922/4g-service-revenue-to-overtake-3g-in-2016/ 에서 재인용

Thaler, Richard H. "Anomalies: The winner's curse." Journal of Economic Perspectives 2.1 (1988): 191-202.

Thaler, Richard H. "The winner's curse." Across the Board 29 (1992): 30-30.

Vickrey, William. "Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders." The Journal of finance 16.1 (1961): 8-37.

Wenning, Derek. "Comparative Analysis of Simultaneous Ascending Auctions and Combinatorial Auctions." Indiana University (2016).

Wruck, Karen Hopper. "Financial policy, internal control, and performance Sealed Air Corporation's leveraged special dividend." Journal of Financial Economics 36.2 (1994): 157-192.

Zehle, Stefan. “Sustainable spectrum pricing” (2019)

임동민. "주파수 경매 설계와 낙찰가: 주요국 4G 주파수 경매 회귀분석을 중심으로." 정보통신정책연구 24.3 (2017): 55-84.

Abstract

Analysis of spectrum auction design's impact on auction revenue

Bae, Hyunpyo

Public Policy

The Graduate School of Public Administration

Seoul National University

Spectrum auction was introduced to maximize auction revenue and assure efficient use of spectrum. There were lots of theoretical and empirical discussions on how spectrum auction design factors such as auction format, reserve price, spectrum cap and set-aside spectrum for new entrants serving to those objectives in the real world's spectrum auctions. The conclusions of precedent empirical studies were mixed. Also there were limitations such as narrow subjects or not enough control variables.

The study aims to empirically and comprehensively prove the impact of spectrum action's major design factors such as auction format and reserve price on auction revenue and efficiency by analyzing data of 4G spectrum auctions in 31 OECD countries, number of which was 52 and held between 2007 and 2017.

Firstly, to identify spectrum auction format and reserve price's impact on revenue, multivariate regression analyses were implemented, setting auction revenue to the dependent variable, auction formats such as simultaneous multi round auction, combinatorial clock auction and first price sealed-bid auction and reserve price to the independent variables, and other spectrum auction design factors such as spectrum cap or set-aside for new entrants and rollout obligation, factors related to mobile telecommunication technologies such as the year auction held and the type of spectrum band, factors related to mobile

telecommunication market such as mobile revenue per capita and market concentration, and physical and socioeconomic factors such as economic region, population density and purchasing power parity per capita. Also, tobit analyses were implemented whose left limit were reserve prices, considering the analyses including some unsold cases.

Also, the study additionally tried to identify spectrum auction formats and reserve price's impact on spectrum auction efficiency. Firstly, to analyze spectrum auction format's impact on winner's curse, logit analyses were implemented setting status of winner's curse as the dependent variable, auction formats as the independent variables, existence of new entrants as the moderating variable, and other spectrum auction design factors, factors related to mobile telecommunication technologies and markets, physical and socioeconomic factors affecting winner's curse as the control variables. Secondly, to identify reserve price's impact on number of participants in spectrum auctions, multivariate regression analyses were implemented setting number of participants as the dependent variable, reserve price as the independent variable, other spectrum auction design factors, factors related to mobile telecommunication technologies and markets, physical and socioeconomic factors affecting number of participants as the control variables.

The result of the analyses shows that combinatorial clock auction format raises auction revenues compared to simultaneous multi round auction format. On the other hand, first price sealed-bid auction format's impact on auction revenue did not show statistical significance. The result of analyses of auction format's impact on probability of winner's curse shows that combinatorial clock auction format increased probability of winner's curse compare to simultaneous multi round auction format when only incumbent operators participated in the auction, whereas first price sealed-bid auction format decreased probability of winner's curse compared to simultaneous multi round auction format in same setting. Combinatorial clock auction format increased probability of winner's curse compare to simultaneous multi round auction format when only incumbent operators participated in the auction, whereas first price sealed-bid auction format decreased probability of winner's curse compared to simultaneous multi round auction format in same setting. Conversely, when new entrants participated in auctions, the relationship between auction formats was upset.

The result of the analyses implies that combinatorial clock auction format may

maximize auction revenue as the format minimizes exposure of information during auction rounds and prevents collusion, but the format also has some flaws as the format's complexity may increase probability of winner's curse even in auctions only incumbent operators have participated. On the other hand, first price sealed-bid auction format did not show clear advantage from the revenue perspective compared to simultaneous multi round auction and combinatorial clock auction format but increase probability of winner's curse in auctions new participants have participated.

Meanwhile, the result of analysis of reserve price's impact on spectrum auction shows that as reserve price was increased, number of auction participant was decreased and auction revenue was increased, which showed trade-off relationship between them.

Moreover, if we look at the relationship between auction revenue and control variables, some other insights can be found. Auction revenue fell as the year auction held went later, which shows that the value of spectrum may decrease as one generation of mobile telecommunication technology using the spectrum getting obsolete. The relationship between mobile revenue per capita and spectrum auction revenue was not clearly shown, which implies that the theory that spectrum cost is sunk cost not effecting telecommunication operator's decisions such as setting consumer price may be supported. Also, as mobile telecommunication market concentration went high, auction revenue fell with statistical importance, which shows that competition in mobile telecommunication market is important not only for consumer benefits, but also for auction revenue maximization.

The limitations of the study are as follow. The subjects of the study were limited to 4G auctions held in 31 OECD member countries, which may limit generalization of the study's result. Also, the study implemented pooled OLS instead of fixed effect panel analysis, due to occasionality of spectrum actions.

Keywords : spectrum auction, auction design, auction format, reserve price, auction revenue, auction efficiency

Student Number : 2019-20036