

주파수집중과 이동통신시장의 경쟁

안형택*, 설성호°, 신현문*

Spectrum Concentration and Mobile Market Competition

Hyung-taik Ahn*, Seong-ho Seol°, Hyun-moon Shin*

요약

이 논문에서는 OECD 국가들에서 2010년과 2017년의 주파수 보유량 분포를 사용하여 주파수집중도의 변화를 분석하고 주파수집중이 시장경쟁에 미치는 영향을 추정하였다. 이 기간 동안 우리나라를 포함한 많은 OECD 국가들에서 주파수집중도가 완화된 것으로 분석되었다. 그리고 주파수집중의 완화는 경쟁 활성화에 긍정적인 효과가 있었던 것으로 추정되었다. 이 논문의 분석결과는 특히 저주파수 대역에서의 5G 주파수 정책에 활용될 수 있다. 주파수의 희소성이 적은 mmW 대역에서는 주파수 분포가 집중될 가능성이 크지 않고, 네트워크 투자비용이 많이 소요되는 고주파수 대역에서는 주파수집중 완화 정책의 효과가 적을 수밖에 없기 때문이다.

Key Words : spectrum holdings, spectrum concentration, market concentration, spectrum assignment policy, 5G

ABSTRACT

This paper uses spectrum holdings distributions of OECD countries in 2010 and 2017 to analyzes the changes in spectrum concentration and to estimate the effect of spectrum concentration on market competition. It is shown that spectrum holdings distributions of many OECD countries including Korea became less concentrated during those years. It is also shown that relaxing the spectrum concentration has positive effect on promoting market competition. The analysis of this paper can be applied to 5G spectrum policy especially for lower frequency band, because spectrum holdings can be hardly concentrated in mmW band and because the higher network investment cost in higher frequency band can reduce the effect of relaxing spectrum concentration.

I. 서론

이동통신시장에서는 주파수의 공급이 제한되어 사업자의 수가 제한될 수밖에 없고 경쟁이 불완전하다. 이에 따라 각국의 주파수 규제기관들은 이동통신시장의 경쟁을 활성화시켜 시장의 효율성을 높이려는 다양한 정책을 추진해 왔다. 특히 어느 한 사업자가 보유할 수 있는 주파수 수량을 제한하는 주파수 총량제나 주파수 경매에서 특정 사업자의 입찰참여를 배제

하는 set-aside와 같은 규제는 주파수 보유분포가 과도하게 집중됨으로써 시장의 효율성이 저하되는 것을 방지하기 위한 정책사례에 해당한다. 우리 정부도 4세대(4G) 이동통신인 LTE의 상용화에 즈음하여 주파수집중을 완화시키기 위한 일련의 정책들을 시행하였다. 예컨대, 2011년 6월에 선발사업자인 SK텔레콤이 보유하고 있던 800MHz 대역의 20MHz 폭을 회수하여 후발사업자인 LGU+에게 할당한 것은 1GHz 이하 대역에서의 주파수집중을 완화시키기 위한 정책이었다.

* First Author : Dongguk University - Seoul, htahn@dongguk.edu, 정희원

° Corresponding Author : Electronics and Telecommunications Research Institute, ssh1517@etri.re.kr, 정희원

* (ORCID:0000-0003-2616-1227) Electronics and Telecommunications Research Institute, hmshin@etri.re.kr, 정희원

논문번호 : 201810-340-0-SE, Received October 15, 2018; Revised December 12, 2018; Accepted December 22, 2018

주파수 경매제가 도입된 이후에도 주파수집중 완화 정책은 계속 추진되었다. 2011년의 주파수 경매에서는 2.1GHz 대역을 LGU+만 단독으로 입찰할 수 있도록 했었으며, 2016년에는 2.1GHz 대역의 재할당 대가를 경매가에 연동시킴으로써 KT와 SK 텔레콤의 입찰 참여를 어렵게 했었다.¹⁾ 그리고 비록 아직까지 실현되지 않았으나, TDD 방식의 신규 사업자의 진입을 위해 2.5GHz 대역 할당을 유보해 놓았던 것도 주파수 집중 완화 정책의 일환이다.

이와 같은 배경에서 이 논문에서는 OECD 국가의 사업자들을 대상으로 2010년과 2017년의 주파수 보유량에 관한 자료를 구축하여 주파수집중도의 변화를 분석하고 주파수의 집중이 시장경쟁에 어떠한 영향을 미칠 것인지를 실증적으로 분석한다. 2010년은 LTE가 상용화되기 이전의 시점이다. 따라서 이 논문은 LTE 도입 이후의 이동통신시장의 변화를 분석한 것으로 볼 수 있다. 그리고 LTE 중심의 시장을 분석한 결과를 토대로 이 논문에서는 2018년 12월에 상용화 서비스를 시작한 5세대(5G) 이동통신 주파수 정책의 시사점을 도출한다.

우리나라를 비롯한 여러 OECD 국가에서 허쉬만-허핀달 지수(HHI)로 측정한 2017년의 주파수집중도는 LTE가 도입되기 전인 2010년에 비해 완화되었다. 특히 신규 사업자의 진입으로 사업자수가 증가한 국가들의 주파수집중도가 크게 완화되었다. 그러나 기업 결합으로 사업자수가 감소한 국가에서는 주파수집중도가 심화되었다. 이처럼 주파수가 추가로 할당되지 않더라도 사업자수의 변화로 인하여 주파수 보유 분포가 달라질 수는 있다. 그렇지만 2010년 이후 OECD 국가들의 주파수집중도를 변화시킨 가장 큰 이유는 LTE의 확산에 따라 많은 양의 주파수가 추가로 할당되었기 때문이다. 따라서 2010년 이후 주파수집중도의 변화의 영향을 분석하는 이 논문은 각국의 주파수 할당 정책의 시장경쟁에 미치는 영향을 분석하는 것과 크게 다르지 않다. 이러한 점에서 이 논문의 실증 분석은 Hazlett and Munos (2009)와 연관되어 있다고 할 것이다. 그렇지만 할당 주파수의 대역폭이 아닌 집중도의 영향을 추정한다는 점에서 Israel and Katz (2013)와의 연관성이 더 클 것이다. 임동민(2017)도 LTE 이후의 각국 주파수 할당을 실증적으로 분석하였다는 점에서 본 연구와 연관되어 있다.

이 논문의 주요 추정결과는 주파수집중의 완화가

시장경쟁 활성화에 긍정적 영향을 미친다는 것이다. 그리고 Peha (2012, 2013)에 따라 주파수의 대역별 물리적 특성의 차이를 반영하는 방식으로 주파수집중도를 측정하더라도 추정결과에 큰 차이가 나타나지는 않았다. 이 논문의 분석 결과는 주로 저주파수 대역의 5G 주파수 정책에 활용될 수 있다. 특히 5G 상용화 이후에도 수요가 지속될 것으로 전망되는 1GHz 이하의 저주파수 대역에서 주파수집중 완화 정책의 기초 자료로 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 이하에서 이 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제2장에서는 OECD 국가의 사업자 수준의 자료를 구축하고 HHI를 사용하여 국가별 주파수집중의 정도를 측정하고 주파수집중도와 시장집중도 간의 관계를 실증적으로 분석한다. 그리고 제3장에서는 제2장의 분석결과를 사용하여 5G 주파수 정책에 대한 시사점에 대해 논의한다. 마지막으로 제4장은 이 논문을 마무리한다.

II. 주파수집중과 시장경쟁-OECD 사례

2.1 데이터

이 논문에서는 주파수 보유분포를 분석하고 시장경쟁과의 상관관계를 추정하기 위해 OECD 국가의 사업자들을 대상으로 2010년과 2017년의 주파수 대역별 보유량과 가입자수에 대한 기초자료를 구축하였다. 2010년은 LTE 상용화 이전의 시점으로 모든 OECD 국가에서 2세대와 3세대의 이동통신서비스만 제공되고 있었다. 그리고 2017년은 각국에서 LTE가 이미 보편적으로 확산되었고 5G용 주파수가 할당되기 이전의 시점이다. 따라서 2010년과 2017년의 기간 동안에 발생한 사업자들의 주파수 보유량과 가입자수의 변화는 LTE의 확산에 따른 것으로 해석될 수 있을 것이다.

OECD 각국 사업자들의 가입자수 통계자료는 Bank of America Merrill Lynch (2015, 2018)의 보고서에서 도출되었다. 그리고 이 보고서에 사업자별 가입자수 정보가 누락되어 있는 아일랜드와 폴란드의 경우는 해당국 규제기관의 홈페이지에서 사업자별 가입자수를 직접 추출하였다. 한편, 각국의 2017년 기준 사업자별 주파수 보유 통계자료는 Spectrum Monitoring 홈페이지에 게시되어 있는 자료를 이용하였으며, 2010년 기준 사업자별 주파수 보유 통계자료는 Ovum(2010)의 국가별 규제상황 요약 보고서들을 참조하였다²⁾. 미국과 캐나다의 경우에는 해당 규제

1) 2013년도 주파수 경매에 관한 세부 사항은 장재혁, 여재현 (2014)를 참조하라.

2) Bank of America Merrill Lynch 보고서의 수집자료와 규제 기관 홈페이지에서 직접 추출한 데이터 간에는 벨기에 0.2%, 프랑스 1.4%, 일본 1.6% 등 별 차이가 없었다.

표 1. 모바일 주파수 할당량의 변화
Table 1. Changes in mobile spectrum holdings distribution

(unit: MHz)					
Year	Sub-1GHz	1GHz ~ 2GHz	2GHz ~2.5GHz	Above 2.5GHz	Total
2010	62	105	98	10	275
2017	138	146	118	169	571
Changes	76	41	20	159	296

기관이 발간한 보고서와 홈페이지 자료를 참조하였고 이외에도 GSMA(2011)의 900MHz 및 1800MHz refarming 사례연구 보고서들을 활용하였다.

원칙적으로 기초자료에서 사업자는 주파수를 보유하고 서비스를 제공하는 MNO로 규정된다⁴⁾. 이에 따라 주파수를 보유하지 않고 서비스를 제공하는 순수 MVNO는 표본에서 배제되었다. 다만 특정 MNO에 귀속된 MVNO의 가입자들은 해당 MNO의 가입자에 편입시켜 시장집중도를 계산하는데 사용하였다. 그리고 주파수를 보유하고 있지만 실질적으로 서비스를 제공하지 않고 있어 가입자가 없는 사업자의 경우도 배제되었다. 특히 2010년 또는 2017년에 신규 사업자로 선정되어 주파수를 할당 받았지만 아직 가입자가 발생하지 않은 사업자의 경우는 해당 연도의 표본에 포함되지 않았다. 이와 같은 원칙에 따라 기초자료에 포함된 사업자의 수는 2010년에 76개이고 2017년에는 75개다. 이 기간 동안 기업결합이 발생했거나 신규 사업자가 성공적으로 시장에 진입하여 서비스를 제공하기 시작했다면 사업자수가 달라질 수 있다⁵⁾.

2010년과 2017년 각 연도별로 사업자 단위의 기초 자료를 사용하여 국가 수준의 주파수집중도와 시장집중도 및 사업자의 수를 도출하였다. 이렇게 만들어진

국가 수준의 데이터에 포함된 OECD 국가들은 전부 22개국이다⁷⁾.

2.2 주파수 대역별 보유량의 변화

2010년부터 2017년까지의 기간 동안 OECD 국가에서 이동통신용 주파수에 대한 수요는 대용량의 모바일 데이터 사용의 증가에 힘입어 전체 주파수 대역에서 증가했다. 국가 수준의 데이터를 보면, 할당된 주파수 대역폭 평균은 2010년 275MHz에서 2017년 571MHz으로 두 배 이상 증가한 것으로 추정된다⁸⁾.

이처럼 주파수 할당량이 크게 증가할 수 있었던 이유는 2010년까지는 이동통신용으로 거의 사용되지 않고 있던 2.5GHz 이상의 고주파수 대역에서 많은 양의 주파수가 추가로 할당되었기 때문이다. 즉, <표 1>에서 2010년까지 2.5GHz 이상의 대역에서 할당된 주파수의 평균 대역폭이 10MHz에 불과했지만, 그 이후 평균 159MHz 폭이 추가로 할당되어 평균 대역폭이 169MHz로 크게 증가한 것을 볼 수 있다⁹⁾.

그럼에도 불구하고 커버리지 목적 등의 이유에서 1GHz 이하의 저주파수 대역에 대한 수요는 여전히 크다고 할 수 있다. <표 1>을 보면 2010년 이후에 실제로 많은 대역폭이 할당되었다는 것을 알 수 있다. 특히 2010년 이후에 추가로 할당된 1GHz 이하 대역의 평균 대역폭 76MHz가 2010년까지의 평균 대역폭 62MHz보다도 더 많은 것은 주목할만한 사실이다.

2.3 주파수 집중도의 변화

OECD 각국에서 주파수 정책의 근간이 되는 주파수집중도는 해당국 사업자들의 주파수 보유 비중의 제곱 합인 허쉬만-허핀달 지수(HHI)로 측정될 수 있

3) 이미 5G 주파수 경매를 시행한 국가들은 5G 주파수 경매 결과를 제외시켜서 도출하였다.
4) 미국과 캐나다의 경우는 지역사업자를 제외한 전국사업자들만 포함되었다.
5) 오스트리아는 2012년 4위 사업자인 H3G가 3위 사업자 Orange를 인수하였고, 독일은 2014년에 4위 사업자인 O2가 3위 사업자인 E-Plus를 인수하였다. 아일랜드에서는 2014년에 4위 사업자인 H3G가 2위 사업자인 O2를 인수하였다. 이탈리아에서는 2016년에 Wind와 H3G 간의 기업결합이 있었다.
6) 칠레의 사업자 Nextel은 2010년에 주파수를 보유하고 있었으나 가입자수가 거의 없어 편입상 2010년에 진입한 신규 사업자로 분류하고 2010년의 표본에서 제외하였다. 프랑스의 Free(=Iliad그룹의 회사)도 2010년에 주파수를 보유하고 있었지만 가입자가 없는 신규 사업자로 2010년의 표본에서 제외되었다. 네덜란드의 경우 2010년에 2개의 신규 사업자가 선정되었으나, 그 이후 1개 사업자는 인수합병되었고 나머지 1개 사업자는 성공적으로 시장에 진입하여 2017년의 표본에 포함되었다.

7) 2010년과 2017년 두 해에 개별 사업자 수준에서의 기초자료가 확인되지 않는 OECD 국가들은 국가 수준의 분석에서 제외되었다. 캐나다의 경우 2017년도에 개별 사업자의 주파수 보유량 정보는 파악되지 않았지만 주파수 보유비중에 대한 정보를 사용하여 주파수집중도를 계산할 수 있어 분석에 포함시켰다.
8) 캐나다의 경우 2017년도의 주파수 할당 자료가 없는 관계로 분석에서 제외되었다.
9) 2.6GHz 대역의 FDD와 TDD가 대부분을 차지하며 일부 국가들에서는 3.5GHz 및 3.7GHz 대역의 할당도 이루어졌다.

표 2. 2010년과 2017년의 주파수 집중도
Table 2. Spectrum concentration in 2010 and 2017

Country	Overall Spectrum			Sub-1GHz			Above 1GHz		
	HHI		change rate	HHI		change rate	HHI		change rate
	2010	2017		2010	2017		2010	2017	
Austria	2846	3482	22.3%	4104	4438	8.1%	2808	3474	23.7%
Belgium	3333	3339	0.2%	3341	3339	-0.1%	3334	3339	0.1%
Canada	3965	3404	-14.2%	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Chile	3339	2714	-18.7%	5000	3342	-33.2%	3750	2600	-30.7%
Denmark	2823	2519	-10.8%	3392	3201	-5.6%	2730	2526	-7.5%
France	3335	2571	-22.9%	3334	2632	-21.1%	3335	2551	-23.5%
Germany	2516	3347	33.0%	2952	3352	13.5%	2707	3373	24.6%
Greece	3395	3473	2.3%	3889	3373	-13.3%	3434	3555	3.5%
Ireland	2725	3429	25.8%	3333	3373	1.2%	2646	3449	30.3%
Italy	2774	3372	21.6%	3382	3333	-1.4%	2653	3400	28.2%
Japan	3585	3378	-5.8%	5017	3333	-33.6%	3632	3421	-5.8%
Korea	3651	3406	-6.7%	3469	3438	-0.9%	3878	3421	-11.8%
Mexico	3452	3410	-1.2%	3765	3919	4.1%	3754	3521	-6.2%
Netherlands	3597	2781	-22.7%	3359	2663	-20.7%	3681	2843	-22.8%
New zealand	3615	3471	-4.0%	3438	3495	1.7%	3692	3477	-5.8%
Poland	2592	2636	1.7%	2626	2630	0.1%	2589	2688	3.8%
Portugal	3333	3356	0.7%	3334	3343	0.3%	3333	3362	0.8%
Spain	2667	2547	-4.5%	3772	3370	-10.7%	2600	2514	-3.3%
Sweden	2669	2528	-5.3%	3333	2563	-23.1%	2627	2531	-3.7%
Swiss	3337	3515	5.3%	4238	3489	-17.7%	3458	3588	3.8%
UK	3307	2804	-15.2%	5000	3695	-26.1%	4155	3235	-22.1%
US	2644	2625	-0.7%	3844	2892	-24.8%	2567	2963	15.4%

다. 즉,

$$HHI = \sum_i s_i^2, \quad s_i = \frac{H_i}{\sum_{all\ j} H_j} \times 100 \quad (1)$$

단, H_i 는 사업자 i 의 총 주파수 보유 대역폭이고 s_i 는 H_i 의 비중(%)을 나타낸다. 통상 H_i 는 각 대역별 주파수 보유량을 합한 값을 일컫는데, <표 2>는 이러한 일반적인 방식에 따라 2010년과 2017년의 HHI를 계산한 결과이다¹⁰⁾.

먼저 전체 주파수 대역의 HHI를 보면, 22개 OECD 국가 중 13개국에서 2010년에 비해 2017년의 주파수 집중도가 완화된 것을 볼 수 있다. 우리나라는 HHI가 2010년 3651에서 2017년 3406으로 감소(감소율은 6.7%)하여 주파수집중도가 완화된 국가로 분류된다. 우리나라보다 HHI 감소율이 더 컸던 국가들은 모두 6개국(캐나다, 칠레, 덴마크, 프랑스, 네덜란드, 영국)인

데, 이 중 3개국(칠레, 프랑스, 네덜란드)에서는 신규 사업자의 진입 등으로 사업자 수가 증가하였다.¹¹⁾ HHI가 20% 이상 증가하여 주파수집중이 크게 심화된 국가들은 4개(오스트리아, 독일, 아일랜드, 이태리)인데, 이 국가들에서는 공통적으로 주파수 보유 사업자 간의 기업결합이 발생하였다.¹²⁾ 22개 OECD 국가에서 전체 주파수 대역의 주파수집중도가 2010년과 2017년 사이에 어떻게 변화했는지는 아래의 [그림 1]을 통해 보다 쉽게 볼 수 있다.

11) 칠레의 Nextel과 VTR은 2010년에 주파수를 보유하고 있었지만 가입자가 없어 서비스를 제공하지 않고 있던 사업자로 간주하여 분석에서 제외하였다. 이후 VTR은 MVNO로 전환되었고 Nextel은 가입자 수가 크게 증가하여 사업자 수가 3개에서 4개로 증가한 것으로 나타났다. 프랑스는 Free가 2010년에 주파수를 할당받았지만 가입자가 2012년 이후부터 발생하여 시장진입 시점을 2012년으로 가정하였다. 네덜란드의 Tele2는 2010년에 MVNO이었지만 주파수를 할당받아 MNO의 자격으로 서비스를 제공한 시점은 그 이후이므로 신규 진입 사업자로 분류하였다.

12) 오스트리아는 2012년, 독일과 아일랜드는 2014년, 그리고 이태리는 2016년에 있었던 기업결합으로 사업자의 수에 변화가 있었다.

10) 본 절의 뒷부분에서 대역별 가중치를 사용하여 주파수집중도를 측정하는 방법이 논의될 것이다.

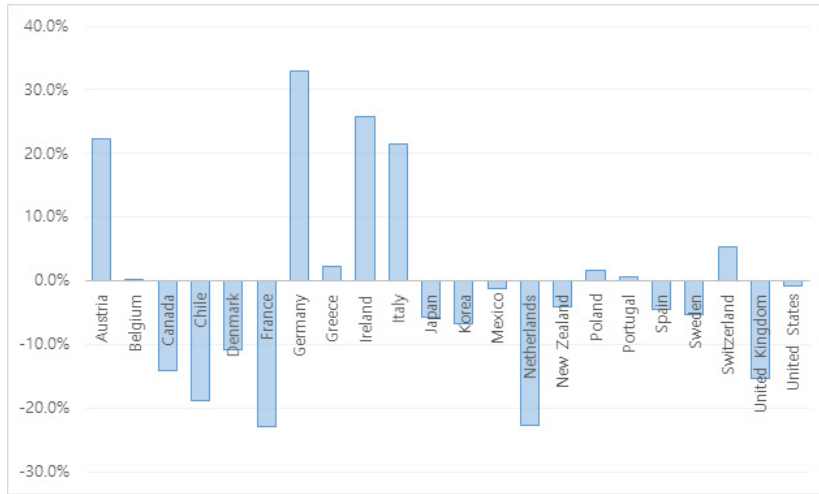


그림 1. 주파수집중도의 변화율
Fig. 1. % change in spectrum concentration

한편, <표 2>는 전체 주파수 대역을 1GHz 이하와 이상 등 두 가지 영역으로 구분하고 각 영역에서 HHI를 계산한 결과도 보여 준다.¹³⁾ 1GHz이하의 대역만을 대상으로 계산한 HHI의 변화를 보면, 신규 사업자 진입으로 주파수 보유 사업자 수가 증가한 3개국을 포함하여 총 7개국에서 20% 이상 감소하였고, 기업결합으로 사업자가수가 감소한 4개국에서조차 20% 이상 증가한 경우는 없었다. 이에 따라 1GHz 이하 대역에서 21개국 주파수집중도의 평균 하락률은 전체 주파수 대역의 경우보다 더 큰 것으로 집계된다. 우리나라는 HHI가 0.9% 감소하는 정도에 불과하여, 주파수집중이 완화되었지만 같은 기간 동안 1GHz 이하 대역의 주파수집중이 완화된 국가들 중에서는 HHI의 감소율이 비교적 낮았던 편에 속한다. 이에 반해, 1GHz 이상 대역에서는 우리나라의 주파수집중도가 상대적으로 크게 완화된 것을 알 수 있다.

<표 2>에서 전체 주파수 대역의 HHI는 각 사업자의 주파수 대역별 보유량을 모두 합하여 구한 총 주파수 보유량을 사용하여 도출된 것이다. 즉, 주파수 대역을 f 라고 대역에서의 보유량을 $B_i(f)$ 로 표시하면, 사업자 i 의 총 주파수 보유량은 다음의 식(2)와 같이 $B_i(f)$ 들의 단순 합과 같다.

$$H_i = \sum_{all f} B_i(f) \quad (2)$$

13) 2017년도에 주파수 대역별 할당량 통계가 파악되지 않은 캐나다를 분석에서 제외되었다.

이처럼 사업자의 총 주파수 보유량을 대역별 보유량의 단순 합으로 계산하는 것은 일반적으로 사용되는 방법이지만, 주파수의 대역별 물리적 특성의 차이를 반영하지 못한다는 점에서 한계가 있다. 즉, 주파수 대역별로 기지국의 셀 반경에 차이가 있으므로 네트워크 구축비용에 차이가 발생할 수 있는데, 위의 식(2)는 이러한 비용의 차이를 반영하지 못하므로 이를 토대로 계산한 HHI는 실제의 주파수집중 정도와 다를 수 있다는 것이다.

이와 같은 배경에서 Peha (2012, 2013)는 주파수 대역별로 다른 가중치를 부여하여 사업자의 총 주파수 보유량을 구하는 방법을 식(2)에 대한 대안으로 제시하였다. 즉,

$$H_i = \sum_{all f} w(f) \times B_i(f) \quad (3)$$

단, $w(f)$ 는 주파수 대역 f 의 가중치를 나타낸다.

Peha는 네트워크를 구축하고 운영하는데 소요되는 최소비용이 가중치에 반영될 수 있도록 높은 주파수 대역에 대한 가중치를 상대적으로 낮게 부여하는 원칙을 제시하였다. 그렇지만 LTE 상용화 이후 이동통신용 주파수로 매우 다양한 대역이 할당되어 있으며 시장에 2세대부터 4세대까지 다양한 시스템들이 혼재되어 있는 상황에서 최적의 가중치를 찾는 것은 결코 쉽지 않은 문제다. 뿐만 아니라, 인구밀도와 도시화 비율 등 기지국 비용에 영향을 미치는 변수들이 나라마다 다르고 기술발전과 장비개발 등으로 기지국 구축비용이 시간의 경과에 따라 변할 수 있다는 점도 최

적의 가중치를 찾기 어렵게 하는 요인들이다.

본 연구에서는 <표 2>의 단순 HHI 이외에 두 가지의 가중치를 사용하여 각국의 HHI를 측정하였다. 첫 번째는 Peha(2013)의 연구를 토대로 1GHz 이하 대역에 대비한 1GHz 이상 대역의 가중치를 0.7로 설정하는 방법이다. 과거 우리나라에서 1GHz 이상의 고주파수 대역에 0.7의 전파특성계수를 적용하여 고주파수 대역의 가치를 1GHz 이하의 저주파수 대역보다 낮게 평가했던 것도 이와 동일한 맥락이다. 두 번째 방식은 1GHz 이하 대역에 대비한 가중치를 1~2.1GHz 대역에서는 0.622, 2.3GHz 및 2.6GHz (FDD) 대역은 0.186, 그리고 2.6GHz (TDD)와 3GHz 이상 대역은 0.079로 설정하는 것이다. 이 방식은 주파수 경매 결과에 벤치마크하여 주파수 대역별 상대 가치를 추정하려는 설성호 외(2017)에 의거한 것이다.

2.4 주파수집중과 시장경쟁

표본에 포함된 대부분의 OECD 국가들에서 LTE가 도입되기 이전인 2010년과 비교하여 2017년의 이동통신시장은 더욱 경쟁적인 것으로 변화하였다. 3개 사업자 간의 경쟁구도가 유지된 우리나라의 경우에도 가입자 수를 기준으로 측정한 HHI가 2010년 3878에서 2017년 3718로 감소(감소율은 4.1%)하여 시장집중이 완화된 것으로 나타난다.14) 아래의 <표 3>에서 우리나라보다도 가입자 수 기준 HHI가 더 큰 폭으로 하락한 OECD 국가들은 신규 사업자의 진입으로 사업자수가 증가했던 3개국(칠레, 프랑스, 네덜란드) 이외에도 다수인 것을 볼 수 있다. 반면, 기업결합으로 주파수집중이 심화된 4개국(오스트리아, 독일, 아일랜드, 이태리)에서는 가입자 수 기준 HHI 값이 10% 이상 증가한 것으로 나타났다.

아래의 산포도는 2010년과 2017년의 두 시점에 주파수집중도와 시장집중도가 변화한 정도(%)를 나타낸다. 산포도에서 사업자의 수에 변화가 없었던 국가들은 원 형태의 점으로 표시되었고, 변화가 있었던 국가들은 삼각형(= 사업자수 감소) 또는 사각형(= 사업자수 증가) 형태의 점들로 표시되었다. 사업자수가 증가했던 3개국과 사업자수에 변화가 없었던 많은 나라들에서 두 변수의 값은 모두 음수(-)다. 이는 이 국가들에서 주파수집중과 시장집중이 모두 완화(집중도의 감소)되었다는 것을 뜻한다. 이에 반해, 사업자수가 감

표 3. 2010년과 2017년의 시장집중도 및 변화율
Table 3. Market concentration in 2010 and 2017

country	HHI		change rate
	2010	2017	
Austria	3110	3437	10.5%
Belgium	3397	3669	8.0%
Canada	3375	3351	-0.7%
Chile	3512	2812	-19.9%
Denmark	3069	2755	-10.2%
France	3775	2632	-30.3%
Germany	2749	3412	24.1%
Greece	3791	3484	-8.1%
Ireland	3185	3685	15.7%
Italy	2895	3392	17.2%
Japan	3782	3545	-6.2%
Korea	3878	3718	-4.1%
Mexico	5461	4854	-11.1%
Netherlands	3456	3018	-12.7%
New zealand	4137	3468	-16.2%
Poland	2762	2595	-6.0%
Portugal	3589	3580	-0.3%
Spain	3282	2843	-13.4%
Sweden	3266	2959	-9.4%
Swiss	4569	4291	-6.1%
UK	2921	2648	-9.3%
US	2870	2819	-1.8%

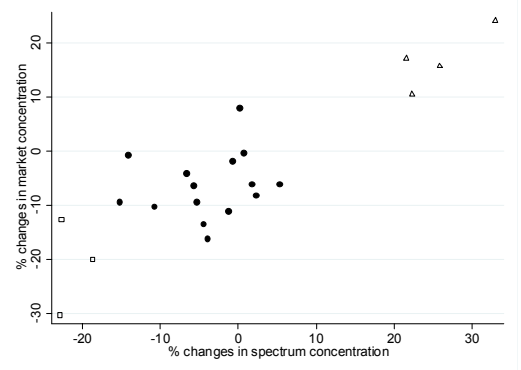


그림 2. 주파수집중도 변화율과 시장집중도 변화율 간의 산포도
Fig. 2. Scatterplot of changes in spectrum concentration and market concentration

소했던 4개국에서는 두 가지 집중도가 모두 증가하였다. 그리고 이 산포도로부터 주파수집중도의 변화율과 시장집중도의 변화율 간에 뚜렷한 양의 선형관계가

14) 주파수집중도의 경우와 유사하게 시장집중도도 이동통신시스템별로 가중치를 달리하여 시장점유율을 측정하는 것이 더 적절할 수 있다. 그렇지만 이 경우에도 적정 가중치를 도출하는 것은 어려운 문제다.

있다는 것을 볼 수 있다. 참고로 두 변수 간의 상관계수는 0.867이다.

이 논문에서는 각국별 2017년의 시장집중도가 아래와 같은 로그선형모형의 형태로 결정된다고 가정한다.

$$\ln(Y_{17}) = \ln(X_{17})\beta_1 + Z_{17}\beta_2 + u_{17} \quad (4)$$

이 식에서 (X_{17}, Y_{17}) 은 각각 HHI로 측정된 2017년의 주파수집중도와 시장집중도를 나타낸다. 분석의 목표는 주파수 정책의 효과를 나타내는 β_1 을 추정하는 것이다. 계수 β_1 이 양(+)의 값이면 시장집중의 완화를 목표로 주파수집중을 완화시키려는 주파수 정책이 효과가 있다는 것을 의미한다. 보다 정확히 표현하자면, β_1 은 주파수집중도의 탄력성이다. 즉, 다른 조건이 동일할 경우, 주파수집중이 완화된 정도(비율)에 대비한 시장집중도의 변화율이다.

식(4)에 Z_{17} 이 포함된 것은 국가별로 인구밀도와 소득수준 등 국가별 특성이 다르므로 사업자의 수와 시장경쟁정책에 차이가 있을 수 있고 그로 인하여 시장집중도와 주파수집중도에 차이가 발생할 수 있기 때문이다. 잘 알다시피, Z_{17} 이 식(4)에 포함되지 않는다면 누락된 변수의 편의(omitted variable bias)로 인하여 주파수 정책의 효과가 정확히 추정되지 못할 수 있다. 이 논문에서는 Z_{17} 에 따라 세 가지 모형을 분석한다.

- 모형 1: $Z_{17} = \ln(Y_{10})$
- 모형 2: $Z_{17} = (\ln(Y_{10}), DP)$
- 모형 3: $Z_{17} = (\ln(Y_{10}), D_1, D_2)$

세 모형은 공통적으로 2010년의 사업자수 P_{10} 를 포함하여 국가별 특성의 차이가 2010년의 시장집중도 Y_{10} 에 충분히 반영될 수 있다고 가정하는 것이다. 모형 1은 2010년 이후에 변화한 사업자수를 반영하지 않는다는 점에서 모형 2 또는 3과 차별된다. 모형 2에는 $\ln(Y_{10})$ 이외에 2010년 이후에 변화한 사업자수 DP 가 Z_{17} 에 포함되었다.

$$DP = P_{17} - P_{10} \quad (5)$$

한편, 모형 3에는 2010년 이후에 발생한 신규 사업자의 시장진입 또는 기업결합 여부를 반영하기 위해 두 개의 변수 (D_1, D_2)가 모형 2의 DP 를 대신하여

Z_{17} 에 포함되었다. D_1 은 2010년부터 2017년까지 사업자수가 증가했으면 1이고 그렇지 않으면 0의 값을 갖는 가변수이고, D_2 는 2010년부터 2017년까지 사업자수가 감소했으면 1이고 그렇지 않으면 0의 값을 갖는 가변수다. 참고로 자료에는 사업자수가 2개 이상 변화한 사례가 없다. 따라서 2010년 이후 변화한 사업자수는 D_1 과 D_2 를 합한 값과 같다.

$$DP = D_1 + D_2 \quad (6)$$

만일 Z_{17} 또는 X_{17} 이 내생변수(endogenous variables)라면, 식(4)를 최소자승추정법(OLS)으로 추정할 결과는 틀릴 수 있다. 2010년의 시장집중도 Y_{10} 와 사업자수 P_{10} 은 2017년 이전의 시점에 이미 결정된 변수(predetermined variable)다. 그리고 2017년에는 사업자수가 변하지 않았으므로 P_{17} 도 Y_{17} 의 영향을 받아 결정된 값이 아니다. 따라서 Z_{17} 에 포함된 $\ln(Y_{10})$ 과 $DP (= P_{17} - P_{10})$, 그리고 (D_1, D_2) 는 모두 내생변수가 아니라 가정할 수 있다. 그렇지만 X_{17} 은 내생변수일 가능성이 있다. 예컨대, Y_{17} 을 토대로 주파수 정책이 시행된 결과에 의해 X_{17} 의 수준이 결정되었을 수도 있다. 그 외에도 어떤 가중치를 적용하는 것이 적절할지가 분명하지 않은 관계로 주파수집중도의 측정에 오차(measurement error)가 발생할 수 있으며, Z_{17} 이외에 (X_{17}, Y_{17}) 에 영향을 주는 변수가 누락되어 있을 수 있다는 점 등도 X_{17} 가 내생변수일 가능성을 높이는 요인이다.

아래의 <표 4>는 식(4)를 최소자승추정법(OLS)으로 세 가지 모형을 추정한 결과다. 그리고 <표 5>는 $\ln(X_{17})$ 이 내생변수일 가능성을 고려하여 2SLS(2 Stage Least Squares)방법으로 세 모형을 추정한 것이다. 세 모형 모두 식(4)에 포함되지 않은 도구변수(excluded instrumental variables)로 P_{17} 과 $\ln(X_{10})$ 을 사용하였다.¹⁵⁾ 주파수집중도는 세 가지 다른 방식으로 측정되었다. 첫 번째는 사업자의 총 주파수 보유량을 대역별 보유량의 단순 합으로 계산하여 주파수집중도를 HHI로 측정하는 가장 일반적인 방식(Unweighted)이다. 그리고 나머지 두 가지는 Peha(2013)의 가중치를 적용하여 주파수집중도를 측정하는 방식(Weight 1)과 설성호 외(2017)의 가중치를 적용하여 주파수집중도를 측정하는 방식(Weight

15) X_{10} 도 2017년 이전 시점에 이미 결정된 모형의 외생변수다.

표 4. 주파수집중도의 시장집중도에 미치는 효과 (OLS)
Table 4. Effect of spectrum concentration on market concentration (OLS)

Regressors		Dependent variable: $\ln(Y_{17})$								
		Model 1			Model 2			Model 3		
		Unweighted	Weight 1	Weight 2	Unweighted	Weight 1	Weight 2	Unweighted	Weight 1	Weight 2
$\ln(X_{17})$		0.827** (0.120)	0.849** (0.121)	0.909** (0.119)	0.474** (0.123)	0.482** (1.146)	0.552** (0.156)	0.473** (0.136)	0.489* (0.173)	0.583** (0.193)
Z_{17}	$\ln(Y_{10})$	0.400** (0.131)	0.382** (0.133)	0.380** (0.132)	0.636** (0.108)	0.627** (0.120)	0.604** (0.128)	0.638** (0.119)	0.620** (0.140)	0.578** (0.155)
	DP				-0.108** (0.032)	-0.107** (0.036)	-0.097* (0.034)			
	D_1							-0.107* (0.044)	-0.110* (0.045)	-0.106* (0.040)
	D_2							0.109** (0.042)	0.101* (0.052)	0.079 (0.055)
constant term		-1.804 (1.124)	-1.827 (1.143)	-2.303 (1.079)	-0.899 (0.739)	-0.882 (0.797)	-1.266 (0.765)	-0.902 (0.744)	-0.881 (0.822)	-1.298 (0.818)
R^2		0.849	0.855	0.873	0.907	0.907	0.914	0.907	0.907	0.916

Note: (1) The numbers in parentheses are standard errors.
(2) The individual coefficient is statistically significant at the * 5% level or ** 1% level using a two-sided test.

표 5. 주파수집중도의 시장집중도에 미치는 효과 (2SLS)
Table 5. Effect of spectrum concentration on market concentration (2SLS)

Regressors		Dependent variable: $\ln(Y_{17})$, Instrumental variable: $(\ln(X_{10}), P_{17})$								
		Model 1			Model 2			Model 3		
		Unweighted	Weight 1	Weight 2	Unweighted	Weight 1	Weight 2	Unweighted	Weight 1	Weight 2
$\ln(X_{17})$		0.838** (0.107)	0.864** (0.107)	0.925** (0.105)	0.471** (0.116)	0.490** (1.329)	0.549** (0.154)	0.465** (0.118)	0.489** (0.153)	0.557** (0.168)
Z_{17}	$\ln(Y_{10})$	0.397** (0.122)	0.377** (0.123)	0.376** (0.121)	0.638** (0.099)	0.623** (0.113)	0.606** (0.118)	0.642** (0.103)	0.619** (0.124)	0.593** (0.132)
	DP				-0.108** (0.030)	-0.105* (0.034)	-0.098* (0.034)			
	D_1							-0.108* (0.040)	-0.110* (0.041)	-0.109* (0.036)
	D_2							0.111** (0.036)	0.101* (0.046)	0.585 (0.049)
constant term		-1.867 (1.030)	-1.908 (1.045)	-2.392 (1.002)	-0.890 (0.687)	-0.912 (0.736)	-1.250 (0.741)	-0.874 (0.657)	-0.883 (0.713)	-1.204 (0.714)
R^2		0.849	0.854	0.873	0.907	0.907	0.914	0.907	0.907	0.916
Endogeneity Test (p-value)		0.294 (0.594)	0.708 (0.412)	1.102 (0.309)	0.003 (0.955)	0.033 (0.858)	0.003 (0.954)	0.035 (0.854)	0.000 (0.992)	0.197 (0.664)
First stage F-statistic		204.887	224.32	180.849	80.324	109.180	93.178	107.408	191.874	157.669

Note: (1) The numbers in parentheses are standard errors.
(2) The individual coefficient is statistically significant at the * 5% level or ** 1% level using a two-sided test.

2)이다.
<표 4>와 <표 5>의 추정결과들은 크게 다르지 않다. <표 5>의 하단에 있는 1단계 F 통계량의 값들이 모두 매우 크다는 점으로 미루어 도구변수로 사용된

P_{17} 과 $\ln(X_{10})$ 이 적정하다고 할 수 있다. 그렇지만 X_{17} 의 내생성 여부를 검정(endogeneity test)한 결과 들은 모두 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 X_{17} 이 내생변수가 아닐 수도 있다는 것을 의미한다. 그러

나 표본이 그다지 크지 않기 때문에 나타난 결과일 수도 있다.

두 표의 추정결과들은 모두 시장집중을 완화하기 위한 주파수집중 완화 정책의 효과가 있었다는 것을 보여준다. 2010년 이후 사업자수의 변화를 고려하지 않은 모형 1에서는 β_1 이 5%의 유의수준에서 1보다 작다고 할 수 없다.¹⁶⁾ 그렇지만, 사업자수의 변화가 고려된 모형 2 또는 모형 3의 모든 추정치들은 β_1 이 1보다 작다는 가설을 뒷받침한다. 즉, 모형 2와 3에서는 주파수집중이 완화되는 정도에 비해 시장집중이 완화되는 정도가 더 작다고 판단할 수 있다. 모형 2에서 사업자수의 변화가 시장집중에 미치는 영향은 음(-)의 값으로 추정되었다. 이는 사업자수의 증가로 인하여 시장집중도가 감소하는 효과가 사업자수의 감소로 인한 시장집중도의 증가 효과보다 더 크다는 것을 의미한다. 모형 3에서 D_1 및 D_2 의 계수 추정치들의 부호는 예상했던 것과 다르지 않다.

세 가지 모형 모두 결정계수(R^2)들은 매우 큰 값이다. 이는 시장집중도의 변화율과 주파수집중도의 변화율 간에 뚜렷한 선형관계를 보여주는 [그림 2]의 산포도로 미루어 당연한 결과라 할 수 있다. 그리고 세 모형 모두 주파수집중도 측정 방식의 차이에 따른 β_1 에 대한 추정치의 차이는 별로 크지 않은 것으로 나타났다. 하지만, 가중치를 적용하지 않는 방식(Unweighted), Peha(2013)의 방식(Weight 1), 그리고 설성호 외(2017)의 방식(Weight 2)의 순서로 β_1 에 대한 추정치가 조금씩 커지는 것을 볼 수 있다. 즉, 고주파수 대역에 더 작은 가중치를 적용할수록 β_1 이 더 크게 추정된다는 것이다. 물론 세 가지 측정방식 중 어떤 것이 더 적절한 것인지 확인할 수 없다.

III. 5G 주파수 정책 시사점

우리 정부는 5G 시대에 주파수가 집중되어 공정경쟁이 저하되는 것을 방지하려는 강한 정책적 의지를 갖고 2018년 6월 5G 주파수 경매를 실시하였다. 주파수 경매의 결과, 3.5GHz 대역에서 SKT와 KT는 각각 100MHz 폭을 할당 받았고 LGU+는 그 보다 적은 80MHz 폭을 할당 받았다. 그리고 28GHz 대역에서는

표 6. 우리나라의 5G 주파수 경매 결과
Table 6. 5G spectrum auction result in Korea

Spectrum Band (GHz)	Bandwidth (MHz)	operator
3.5GHz	3.60~3.70	SKT
	3.50~3.60	KT
	3.42~3.50	LGU+
28GHz	28.1~28.9	SKT
	26.5~27.3	KT
	27.3~28.1	LGU+

세 사업자 모두 800MHz 폭을 할당 받았다.

mmW 대역을 제외한 6GHz 이하의 대역에서 5G 주파수 경매로 세 사업자들의 주파수 보유 분포의 변화는 그다지 크지 않다. 가중치를 적용하지 않은 HHI의 값은 3378로 2017년의 3406에 비해 0.8% 감소한 정도에 불과하다. 그리고 3.5GHz 대역에서 기지국의 셀 반경이 넓지 않아 네트워크 구축비용이 많이 소요될 경우, Peha(2013)의 논리에 따르면 주파수집중도 측정에 매우 작은 가중치가 적용되어야 한다. 만일 그렇다면 주파수집중도의 감소율은 가중치를 적용하지 않는 경우에 비해 훨씬 더 작아지게 될 것이다. 따라서 정부의 강력한 정책적 의지에도 불구하고, 주파수집중 완화 정책의 효과는 크게 나타나지 않을 수 있다.

한편, mmW 대역은 6GHz이하의 대역과 달리 주파수 할당량이 충분하므로 주파수의 희소성에 따른 경제적 가치는 그다지 크지 않다¹⁷⁾. 따라서 mmW 대역에서 주파수 분포가 집중될 가능성은 거의 없을 것으로 보이며, 주파수집중도를 기반으로 경쟁정책을 시행하는 것은 적절치 않다.

그럼에도 불구하고 경쟁활성화를 위해 1GHz 이하의 대역에서 주파수집중을 완화시키는 정책의 효과는 5G 시대에도 적지 않을 수 있다. 5G가 도입된 이후에도 커버리지 등의 이유로 저주파수 대역에 대한 수요가 지속될 뿐 아니라, 현재 이동통신시장의 주력 시스템인 LTE 네트워크의 진화된 버전이 계속 사용될 것으로 예상되고 있기 때문이다¹⁸⁾. 참고로 우리나라에서 조만간 주파수의 할당 및 재할당이 예정되어 있는 1GHz 이하의 주파수는 2021년 사용기간이 만료되는

16) <표 4>의 첫 번째 추정치 0.827은 1보다 작은 값이지만, t 통계량의 값이 -1.442 (= (0.827-1)/0.120)이므로 5%의 유의수준에서 β_1 이 1보다 작다고 판단할 수 없다. 모형 1의 나머지 다른 추정치들의 경우에도 β_1 이 5%의 유의수준에서 1보다 작다고 판단할 수는 없다.

17) 참고로 mmW 대역에서 주파수 경매를 실시한 우리나라와 이탈리아에서 26GHz~29GHz대역의 낙찰가격은 3.5GHz 대역에 비해 크게 낮았다. 우리나라는 대략 4.8% 정도였으며, 이탈리아의 경우에도 0.8% 정도에 불과하였다. 그리고 아직 많은 국가에서 경매가 실시되지는 않았다.

18) McKinsey&Company (2018) 등을 참조하라.

800MHz 대역의 50MHz폭과 900MHz 대역의 20MHz폭, 그리고 지난 2016년의 경매에서 유찰되었던 700MHz대역의 40MHz폭 등이다. 앞의 <표 2>에서 우리나라가 다른 OECD 국가들에 비해 1GHz 이하의 대역에서 주파수집중도가 상대적으로 적게 완화되었던 사실을 상기한다면, 향후 5G 시대에도 주파수 집중도 완화정책의 대상이 주로 1GHz 이하 대역일 가능성이 크다는 것을 쉽게 짐작할 수 있다.

IV. 결 론

이 논문에서는 OECD 국가의 사업자들을 대상으로 2010년과 2017년의 주파수 보유량 자료를 구축하여 주파수집중도의 변화를 분석하였고, 주파수집중이 시장경쟁에 미치는 영향을 추정하였다. 분석결과, 우리나라를 포함한 많은 OECD 국가들에서 HHI로 측정된 주파수집중도는 2010년부터 2017년까지의 기간 동안 대체로 완화되었다는 것을 확인하였다. 그리고 경쟁 사업자수의 증가와 주파수집중의 완화가 경쟁 활성화에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다. 그렇지만 이 논문에서는 표본의 수가 충분히 크지 않은 관계로 사업자수와 주파수집중도 이외에 시장경쟁에 영향을 미치는 다양한 요인들을 고려하기 어려웠으며 주파수집중도의 내생성 여부를 확인하는 것도 어려웠다. 2010년과 2017년 이외의 다른 연도의 자료를 추가로 구축하는 것은 표본의 수를 증대시킬 수 있는 방법일 것이다. 더 큰 표본에서 주파수집중의 영향을 분석하는 것은 분석의 신뢰도를 높일 수 있는 효과적인 방법으로 매우 흥미로운 미래의 연구주제일 것이다.

주파수집중의 완화가 이동통신시장의 경쟁 활성화에 긍정적이라는 이 논문의 분석결과는 주로 저주파수 대역에서의 5G 주파수 정책에 활용될 수 있을 것이다. mmW 대역은 주파수의 희소 가치가 적어 주파수가 집중될 가능성이 크지 않기 때문이고, 구축비용이 많이 소요되는 고주파수 대역에서는 주파수집중을 완화시키는 정책만으로 경쟁 촉진 효과를 기대할 수 없기 때문이다.

References

[1] J. H. Jahng and J. H. Yeo, "The economic effects of mobile broadband spectrum assignment: An input-output analysis," *Korean Telecommun. Policy Rev.*, vol. 21, no. 3, 2014.

[2] D. M. Yim, "Spectrum auction designs and revenue variations: Empirical analysis of the result of international 4g spectrum auctions," *Korean Telecommun. Policy Rev.*, vol. 24, no. 3, 2017.

[3] S. H. Seol, S. C. Kweon, H. M. Shin, Y. J. Park, and J. S. Cho, "A study on setting reserve price in spectrum auction using benchmark," *KICS Summer Conf.*, vol. 2017, no. 6, Jeju Island, Korea, Jun. 2017.

[4] J. M. Peha, "Updating the spectrum screen," in the matter of Policies Regarding Spectrum Holdings and The State of Mobile Competition, Federal Commun. Comm. WT Docket No. 12-269 and WT Docket No. 11-186, Nov. 2012.

[5] J. M. Peha, "Cellular competition and the weighted spectrum screen," *TPRC Conf.*, Mar. 2013.

[6] Bank of America Merrill Lynch, *Global Wireless Matrix*, Oct. 2015.

[7] Bank of America Merrill Lynch, *Global Wireless Matrix*. Jun. 2018.

[8] T. W. Hazlett and R. E. Muñoz, "A welfare analysis of spectrum allocation policies," *The RAND J. Econ.*, vol. 40, no. 3, pp. 424-454, 2009.

[9] F. Grijpink, A. Ménard, H. Sigurdsson, and N. Vucevic, *The road to 5G: The inevitable growth of infrastructure cost*, McKinsey&Company, Feb. 2018.

[10] Israel & Katz, "Reply Comments of AT&T Inc.,"

[11] FCC, *Annual Report and Analysis of Competitive Market Conditions with Respect to Mobile Wireless, Including Commercial Mobile Services: 20th Report*, Sep. 2017.

[12] GSMA, *900MHz and 1800MHz band Refarming Case Study*, 2011.

[13] Ovum, *Country Regulation Overview*, 2010

[14] [Http://canadianspectrumpolicyresearch.org/canada/inventory/](http://canadianspectrumpolicyresearch.org/canada/inventory/)

[15] [Https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/](https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/)

안 형택 (Hyung-taik Ahn)



1985년 2월 : 서울대학교 경제학과 졸업
1991년 5월 : Wisconsin대학 경제학 박사
1991년 8월~1997년 8월: Virginia Tech. 경제학과 조교수

1997년 9월~1999년 9월 : KISDI 연구위원
1999년 10월~2001년 2월: 서울시립대학교 조교수
2001년 3월~현재: 동국대학교 교수
<관심분야> 방송통신정책, 계량경제학

신 현문 (Hyun-moon Shin)



1991년 2월 : 한양대학교 산업공학과 졸업
1995년 2월 : 한양대학교 산업공학과 석사
2009년 2월 : KAIST 산업 및 시스템공학과 박사
2000년 6월~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

2015년 3월~현재 : UST 과학기술경영정책전공 교수
<관심분야> 방송통신정책, 통신시스템최적화

설 성호 (Seong-ho Seol)



1993년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 졸업
1995년 2월 : KAIST 경영정책학과 석사
2001년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
2010년 3월~현재 : 한양대학교 경영학과 박사과정

<관심분야> 방송통신정책, 요금정책, 주파수정책