

전파응용산업의 경제적 파급효과 분석*

Economic Impact of the Spectrum Industry in the 5G Era

김 태 한 (Taehan Kim)**
변 희 섭 (Hee Sub Byun)***

국문초록

5G 등 무선 네트워크 기술의 발전으로 인해 전파의 활용 범위가 다양한 산업으로 확대되고 있다. 이러한 변화는 관련 산업 진흥을 목표로 하는 전파 관리자의 관점에서 전파응용산업을 재인식하고, 이의 경제적 파급력을 재측정할 필요성을 제기한다. 이를 통해 분배·할당, 회수·재배치 등 전파 정책의 기대효과를 계량화할 수 있을 것이다. 본 연구는 5G의 도입으로 인해 확대된 전파응용산업을 인식하고 이러한 산업이 유발하는 경제적 파급효과를 측정한다. 산업연관분석을 통한 분석결과, 전파응용산업의 생산유발계수는 1.9051, 부가가치유발계수는 0.7175, 취업유발계수는 7.0511, 고용유발계수는 5.7061로 관찰된다. 한편, 생산유발계수는 5G 도입 이전 분류된 산업에 비해 상승한 것으로 나타나 전파응용산업이 국민경제에 갖는 경제적 영향력이 확대되고 있음을 확인할 수 있다. 본 연구의 결과는 산업발전기반의 조성, 효율적인 전파자원 관리 등을 목표로한 전파 정책 수립의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

주제어: 전파응용산업, 5G, 산업연관분석, 경제적 파급효과

※ 논문접수일: 2022. 1. 25, 수정일: 2022. 4. 7, 게재확정일: 2022. 5. 24

* 본 연구는 한국전자통신연구원의 선제적 주파수 이용을 위한 시·공간적 스펙트럼 엔지니어링 기술 개발 과제(2017-0-00066)의 위탁연구개발과제 결과물(연구과제명: 전파응용산업 파급효과 모델링 연구)에 기초하여 작성되었음을 밝힙니다. 연구과정에서 건설적 조언을 해주신 한양대학교 김용규 교수님과 세종기술경제연구소 연권흠 소장님께 감사의 말씀을 전합니다.

** 한국전자통신연구원 기술정책연구본부 책임연구원 및 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책 전공 교수, 제1저자, E-mail: taehan@etri.re.kr

*** 한림대학교 경영대학 금융재무학과 부교수, 교신저자, E-mail: heesbyun@hallym.ac.kr

ABSTRACT

The range of spectrum use is expanding to various industries due to the development of wireless network technologies such as 5G. From the point of view of a regulator who aims to promote economic development, these changes raise the need to re-classify the spectrum industry and to re-estimate its economic impact. This can contribute to quantifying the effects of spectrum policies on the allocation and refarming of the spectrum. This study estimates the economic impact of the spectrum industry that has expanded since the deployment of 5G. As a result of the inter-industry analysis, we find that the production inducement coefficient of spectrum industry is 1.9051, the value-added inducement coefficient is 0.7175, the job inducement coefficient is 7.0511, and the employment inducement coefficient is 5.7061. On the other hand, the production inducement effect is risen after the deployment of 5G, confirming that the economic impact of the spectrum industry is expanding. The results of this study can be used as basic data for establishing spectrum policies for industrial development and the efficient use of spectrum.

Key words: Spectrum industry, 5G, Inter-industry analysis, Economic impact

I. 서론

한정된 국가자원인 전파의 효율적 활용이 강조됨에 따라 할당대가 부과, 경매제 실시, 회수·재배치 등 시장 중심 관리체계의 도입이 이루어지고 있다. 동 체계의 핵심은 전파의 경제성을 적절히 평가하여 인식하는데 있다. 전파의 경제성 평가에는 크게 두 가지 관점이 요구되는데, 미시적 관점에서 이미 분배된 특정 용도의 할당대가를 산정하기 위한 접근과 거시적 관점에서 신기술 도입, 용도 변경 등 정책 전환에 따른 경제적 파급력을 측정하기 위한 접근으로 구분된다. 전파의 경우 할당대가 부과를 중심으로 실무적 관심이 높아짐에 따라 여러 연구가 진행된 반면, 후자에 집중한 연구는 많지 않은 것으로 판단된다. 기존 연구는 과거 통신기술을 전제로 전파응용산업을 분류하고, 이의 경제적 파급효과를 측정한다(김용규, 김택식, 2002; 유승훈 외, 2004). 무형자산인 전파는 기술혁신, 활용분야의 확대 등에 따라 경제성이 변화할 수 있다. 최근 들어 우리나라의 통신기술 발전과 전환이 적극적으로 이루어지고 있는 점에서도 전파응용산업의 경제적 파급효과를 재측정해 볼 필요성이 가중된다. 측정된 파급효과는 전파의 분배·할당을 통해 기존 시장(산업)의 확대 또는 새로운 시장이 창출되는 경로와 그 경제적 규모를 파악하는데 활용될 수 있다.

정부는 2019년 4월 5G를 상용화함에 따라 5G+ 전략을 수립하였으며, 동 전략의 주된 내용은 5G와의 연계한 10대 핵심 산업, 5대 핵심 서비스를 바탕으로 신시장을 개척·육성하는데 있다(과학기술정보통신부, 2019). 5G는 기존 4G/LTE에 비해 초고속(enhanced mobile broadband), 초저지연·고신뢰(low latency and ultra-reliable communications), 초연결(massive machine type communications)의 서비스가 가능하기 때문에 기존에 구현하기 어려웠던 다양한 산업 분야로 전파가 활용될 수 있다.¹⁾ 이러한 전파응용분야의 확대는 경제적 파급효과의 변화를 야기할 것으로 판단된다. 예를 들어, 새로운 응용분야에서의 전파 활용은 신규 서비스의 도입

1) ITU (2018)은 5G의 최소 기술 성능 요구사항으로 최대 20Gbps의 최고 전송 속도(peak data rate), 최대 500km/h 이동 속도(mobility), 4G 대비 3배의 주파수 효율(spectrum efficiency), 종단 간 1ms 이내의 전달 시간(latency), 1km² 내 100만 개의 사물 인터넷(Internet of Thing, IoT) 기기 연결(connection density), 사용자 체감 전송 속도(user experienced data rate) 100Mbps 이상 등을 제시한다. 이러한 5G의 기술적 특성으로 인해 다양한 산업 분야로의 전파 활용도가 확대될 것으로 예상된다.

또는 기존 서비스의 질적 개선을 통해 생산액을 증가시킴으로써 전파응용산업의 국민경제 내 기여도를 확대시킬 수 있다. 이러한 변화가 예측됨에도 불구하고 5G 도입 이후 전파응용산업의 경제적 파급효과를 측정하는 연구는 많지 않으며, 특히 특정 산업에 국한하지 않고 확대된 응용분야를 아우르는 통합적 접근을 시도한 연구는 찾기 힘들다.²⁾

본 연구는 5G의 도입으로 인해 확대된 전파응용산업을 인식하고 이러한 산업이 유발하는 경제적 파급효과를 측정한다. 이를 위해, 먼저 정부가 발표한 5G 활성화 정책과 기존 연구를 종합적으로 고려하여 새롭게 추가될 전파응용산업을 도출한다. 관련 정책을 판단 기준으로 활용하는 이유는 전파의 분배와 할당이 정부의 권한 하에 있기 때문이다. 잠재적 응용산업으로 평가되더라도 실제 전파의 공급이 이루어지지 않는 경우 경제적 파급효과가 실현되지 않을 것이다. 5G 도입 이후 확장된 전파응용산업은 전통적 응용산업에 추가된 응용산업을 포함하여 정의한다. 방법론으로 산업연관분석(inter-industry analysis)을 활용한다. 동 방법론은 견고한 이론적 배경과 실물경제 자료를 활용함에 따라 객관적 분석이 가능한 장점을 갖는다. 무엇보다 경제 내 산업 간 순환관계에 기초하므로 전파 활용에 따른 파급효과와 경로(path)를 파악하기 용이하며, 정책 목표에 따라 산업분류, 분석 자료의 갱신 등을 통해 다양한 확장이 가능하다.

분석은 크게 네 가지 파트로 구성된다. 먼저, 산업연관분석을 통해 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용 및 취업유발효과를 측정한다. 이는 전파 정책의 국민경제 기여도를 다각적 측면에서 검토하기 위한 접근이다. 둘째, 전파응용분야를 외생화(exogenous specification)하여 앞선 효과들을 재추정한다. 외생화를 통해 전파응용산업의 최종수요 증가가 여타 산업에 미치는 파급력을 순수하게 평가할 수 있을 것으로 기대된다. 셋째, 공급지장효과를 측정한다. 앞선 효과들은 전파응용산업의 최종수요 변화를 전제로 여타 산업의 생산액 등의 변화를 측정하는 수요유도형 접근에 기초한다. 반면 공급유도형 접근은 전파응용산업의 산출물이 여타 산업에 제대로 공급되지 못할 경우 발생하는 생산 차질액에 주목한다. 이러한 접근

2) 기존 연구는 특정 산업을 5G 유관 산업으로 규정하고 경제적 파급효과를 측정한다(KT 경제경영연구소, 2018; 김은미, 김상봉, 2019). 하지만 5G의 넓은 활용성을 감안할 때, 이러한 접근은 전파응용산업의 경제적 파급력을 과소평가할 수 있다. 더욱이 정책적으로 다양한 용도에 대해 5G 주파수가 동시에 공급되는 점을 감안할 때, 경제적 파급효과 역시 여러 분야에 걸쳐 광범위하게 발생할 것이다.

에 기초한 공급지장효과는 전파응용산업의 생산액 감소로 인해 여타 산업에서 발생 가능한 생산의 감소분을 의미한다. 마지막으로, 기존 전파응용산업과 신규 응용산업의 경제적 파급효과를 비교한다. 이를 통해 동일 시점을 전제로 5G 도입으로 인해 전파응용산업의 국민경제 기여도가 어떻게 변화할 수 있는지를 평가할 수 있을 것이다.

본 연구는 세 가지 정책적 함의를 가질 것으로 예상된다. 먼저, 본 연구는 전파관리자의 관점에서 5G를 중심으로 한 정책 전환의 당위성을 파악하기 위한 기초 자료를 제공하는 시사점을 갖는다. 현재 우리나라에서 4차 산업혁명을 대비한 5G 활성화가 국민경제의 성장 모델 중 하나로 주목받고 있다. 본 연구의 결과는 이러한 정책 추진이 어느 정도의 경제성을 야기할 것인지를 평가하기 위한 자료로 활용될 수 있다. 둘째, 본 연구의 결과는 신기술 도입 이후 전파응용분야를 새롭게 제안함으로써 관련 산업을 분류하는데 활용될 수 있다. 전파는 그 자체로 최종 산출물이 아니기 때문에 사전에 분류된 응용분야가 존재치 않으며, 관련 산업을 명확히 구분하기 어렵다. 최근 논의되고 있는 개정 전파법에는 전파산업의 정의(제2조), 전파산업에 대한 실태조사(제11조) 등에 대한 논의가 포함되어 있다. 따라서 동 산업의 대상, 범위 등에 대한 연구가 선행되어야 하며, 본 연구의 결과가 하나의 대안을 고려될 수 있다. 마지막으로, 본 연구는 전파공급이 야기하는 산업 간 파급경로를 제공함으로써 전파의 활용성에 대한 이해를 개선할 것으로 기대된다. 중간재인 전파의 특성상 어떤 경로로 국민경제에 기여하는지를 예단하기 힘들다. 본 연구는 전파공급을 통한 전파응용산업의 최종수요 확대가 주로 어떤 산업의 생산액 증가에 기여하는지를 파악함으로써 이러한 경로를 판단하기 위한 자료를 제공한다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. II장에서는 기존 연구 및 관련 정책을 기초로 새로운 전파응용분야를 제안하고 경제적 파급효과 측정 사례를 검토한다. III장에서는 실증분석을 위한 분석자료 및 방법론을 제시한다. IV장에서는 실증분석결과를 제공한다. V장에서는 본 연구의 결론, 한계점과 향후 연구방향을 제시한다.

II. 기존 문헌

1. 전파응용산업의 분류

일반적으로 경제적 파급효과는 특정한 상품(또는 산업)의 추가 생산이 GDP, 부가가치 등으로 대리되는 국민경제 지표에 대한 영향력에 기초하여 측정된다. 보다 구체적으로, 특정 산업의 생산 증가가 원재료의 추가 수요를 유발하거나, 여타 산업이 중간재로 투입되는 효과로 파급됨에 따라 전산업에 걸친 경제성을 얼마나 개선시키는지를 평가한다. 이를 전제할 때, 파급효과를 측정하기 위해서는 전파응용산업의 분류가 선행되어야 한다. 전파응용산업에 대한 독립된 분류체계는 존재하지 않는다. 이는 전파의 특성상 물리적 형태가 존재치 않으며, 중간재로 활용되기 때문에 그 자체를 하나의 재화 또는 서비스로 규정하기 어렵기 때문으로 판단된다. 또한, 다양한 산업분야에 걸친 생산요소로 활용되기 때문에 특정한 범주로 규정할 수 없기 때문이다.

김용규, 김택식 (2002)는 전파응용산업을 전파를 이용하는 무선통신 및 방송 등의 서비스 산업, 그리고 이러한 서비스에 필요한 시스템과 단말을 생산하는 제조업, 아울러 전파이용 서비스 산업에 콘텐츠를 제공하는 산업으로 정의한다. 즉, 전파를 실제로 사용하는 기업뿐만 아니라 전파 관련 기기를 생산하거나 이러한 기업들에게 서비스를 제공하는 기업도 전파응용산업에 포함한다. 구체적으로 전파를 이용하는 서비스는 이동전화, TRS(trunked radio system), 위성통신, 지상파 방송, 위성 방송 등을 정의한다. 전파 관련 기기 제조업으로 무선통신 및 방송 시스템 제조업, 휴대전화 등 무선통신기기 제조업, TV와 라디오 등 음향기기 제조업을 제안한다. 전파이용 서비스 산업에 콘텐츠를 제공하는 산업으로 방송 콘텐츠 제작 및 무선통신용 콘텐츠 제공업을 제시한다.

유승훈 외 (2004)는 전파응용산업을 (1) 전파방송 장비, (2) 무선통신 서비스, (3) 방송 서비스, (4) 전파방송 통신시설, (5) 전파방송 콘텐츠 개발, (6) 영상 및 음향 기기로 제안한다. 전파방송 장비는 무선통신 및 방송장비로 세분화하며, 유선방송 장비는 제외한다. 무선통신 서비스는 유선통신, 별정통신 및 기타 통신 서비스를 제외한 전화로 세분화한다. 방송 서비스는 지상파 방송을 의미하며, 전파방송 통신시설은 통신시설을 포함한다. 전파방송 콘텐츠 개발은 소프트웨어 개발공급으로 세분화하지만, 디지털콘텐츠 개발 서비스만을 포함한다. 마지막으로 영상 및 음향

기기는 TV, VTR, 음향기기, 기타 영상·음향기기로 세분화한다.

신중협 (2016)은 전파 사용영역을 8개로 제안하고, 이들과의 연계성을 바탕으로 전파응용산업을 분류한다. 먼저, 전파 사용영역으로 전자파, 주파수 관리, 주파수 활용, 무선전력 전송, 사물인터넷, 우주전파 및 위성, 테라헤르츠, 기타 교육·홍보를 제시한다. 다음으로, 이들 영역과의 연계된 12개 산업으로 전자표시장치, 컴퓨터 및 주변기기, 통신·방송·영상·음향기기, 가정용 전기기기, 정밀기기, 자동차, 선박, 기타 운송장비, 통신서비스, 방송서비스, 연구개발, 교육서비스를 제안한다.

해외 사례로 Europe Economics (2006)은 영국 Ofcom의 의뢰를 받아 전파자원의 사회후생효과를 측정함에 있어, 7개 분야(sector)를 전파응용산업으로 제안한다. 전파응용산업은 이동통신, 방송, 위성, 고정링크, 무선광대역, 사설 이동무선, 기타 분야를 포함한다. 주로 서비스 유형화를 통해 전파응용산업이 분류된 것으로 판단된다. Plum (2013)은 EC(European Commission)의 무선정책 수립을 위해 전파자원의 경제적 가치를 측정함에 있어 9개 전파응용분야(application)를 제안한다. 이들은 사용자의 관점에서 전파가 직접적으로 활용되는 분야(use of spectrum)에 주목한다. 이는 전파의 국민경제적 효과보다는 그 자체의 경제적 가치를 평가하는데 집중하였기 때문으로 판단된다. 동 연구는 이동통신 서비스, 무선랜, 지상파 방송, 위성 통신, 위성 비통신, 육상 고정링크, 사설 이동무선, 민간 항공, 방송 프로그램 제작 및 행사를 전파응용산업으로 분류한다.

한편, 앞서 논의한 바와 같이 5G 도입은 전파응용산업을 크게 변화시킬 것으로 예상된다. 여러 기존 연구들은 5G 도입 이후 전파응용산업을 새롭게 정의한다. ITU-R (2018)는 5G(IMT-2020) 도입에 따라 전파활용 분야가 음성, 데이터, 엔터테인먼트 등으로 정의된 전통적 분야에서 다양한 산업 분야로 응용될 수 있음을 제안한다. 관련하여 대규모 기기용 통신, 공공 안전 및 재난 구조, 교통, 공공, 산업 자동화, 원격 제어, 감시 및 검사, 의료, 지속 가능성/환경, 스마트시티, 웨어러블 기기, 스마트홈, 농업, 미디어 및 엔터테인먼트, 소셜 미디어 및 게임, 무인 항공기 등 잠재적 16개 분야를 제시한다.

GSMA (2018)은 밀리미터파(mmWave) 대역에 기반한 5G 서비스 확산의 활용 사례를 제안한다. 고속 광대역 서비스의 제공(high-speed broadband in the home and office), 빠른 설치와 임시 연결의 가능성(quick deployment/temporary connectivity), 산업 자동화에의 활용(industrial automation), 원격 제어 용도(remote

object manipulation), 가상 현실 및 회의의 구현 가능성(virtual reality and meeting), 차세대 교통연결의 기반(Next-generation transport connectivity) 등을 제시한다. 이러한 사례와 연계된 산업으로 헬스케어, 운송, 교육, 공공안전, 제조업·광업·건설업 등을 분류한다.

World Economic Forum (2020)는 전문가 집단과의 인터뷰를 바탕으로 5G 기술의 확산을 주도할 주요 산업분야를 제시한다. 주요 산업군(primary industry sector)으로 제조, 운송, 공공 서비스, 의료 및 사회 사업, 농업, 에너지, 물류, 미디어 및 엔터테인먼트, 광업, 전문 서비스 분야를 제시한다. 2차 산업군(secondary industry sector)으로 기계 및 장비, 자동차, 물류, 철도, 교육, 정보 커뮤니케이션, 반도체, 도시 인프라, 소비자, 스포츠를 제안한다. 보다 구체화된 기술 특화 영역(technology specialty area)으로 사물인터넷, 혼합현실, 자율주행, 드론, 로봇공학, 진화된 커뮤니케이션 시스템, 인공지능, 클라우드, 디지털 트윈, 게임, 시뮬레이션·이미징을 제안한다.

국내에서는 KT 경제경영연구소 (2018)가 5G의 10개 유관 산업과 4개 기반환경 산업을 제안한다. 10개 유관 산업은 자동차, 제조, 헬스케어, 운송, 농업, 보안·안전, 미디어, 에너지, 유통, 금융으로 이들 산업 내에서 기업, 소비자 등 이용자 관점의 편익이 유발될 것으로 평가한다. 4개 기반환경 산업은 스마트시티, 비도시지역, 스마트홈, 스마트오피스로 제안한다. 한편, 산업 고도화와 글로벌 경쟁력 강화를 목표로 우리나라에서는 2019년 4월 5G가 세계 최초로 상용화되었으며, 이러한 정책의 달성을 위한 5G+ 전략을 발표되었다.³⁾⁴⁾ 동 자료에는 10대 핵심산업과 5대 핵심서비스를 바탕으로 15대 5G+ 전략산업을 도출하고 이에 대한 적극적인 투자와 지원 계획이 제시되었다. 10대 핵심산업으로 네트워크 장비, 차세대 스마트폰, VR·AR 디바이스, 웨어러블 디바이스, 지능형 CCTV, 미래형 드론, 커넥티드 로봇, 5G V2X, 정보보안, 엣지컴퓨팅이 제안되었으며, 5대 핵심서비스로 실감콘텐츠, 스마트공장, 자율주행차, 스마트시티, 디지털 헬스케어가 제시되었다.

5G 도입 이전(기존)과 이후(신규)의 전파응용산업은 <표 1>과 같이 분류될 수 있다. 본 연구는 김용규, 김택식 (2002)에 따라 전파응용산업을 전파응용기와 전파응용서비스 분야로 나눈다. 본 연구의 주된 목적이 산업연관분석에 기초하여 경제적 파급효과를 측정하는 것이므로, 한국은행 산업연관표의 상품분류(기본부분)

3) 과학기술정보통신부 (2019), 세계최초 ‘대한민국 5G’, 세계 1등 향해 「5G+ 전략」 발표

4) 관계부처 합동 (2021), 2021년도 「5G+ 전략」 추진계획(안)

에 따라 전파응용분야를 분류한다. 기존 전파응용기기 분야는 이동전화기, 기타 무선통신장비 및 방송장비, TV, 영상기기, 오디오 및 음향기기 등 7개 세부 산업으로 분류된다. 기존 전파응용서비스 분야는 무선 및 위성 통신서비스, 지상파 방송서비스, 유선, 위성 및 기타방송서비스, 소프트웨어 개발 공급 등 4개 세부 산업으로 분류된다.

5G 도입 이후 전파응용산업은 기존 연구와 우리나라 5G 활성화 정책 등을 종합적으로 고려하여 제안한다. 전파기술의 도입과 확산은 해당 국가의 여건에 영향을 받을 수 있다. 특히, 정부의 전파공급, 관련 인프라 구축 등과 같은 정책적 요인이 중요하게 작용한다. 이러한 관점에서 본 연구는 정부의 5G+ 스펙트럼 플랜에 명시된 전략산업을 5G 도입으로 인해 확장될 전파응용산업으로 인식한다. 전파 관리자인 정부가 제안한 산업을 중심으로 전파의 분배·할당, R&D 투자 등이 이루어질 것이므로, 동 산업을 중심으로 경제적 파급효과가 발생할 것으로 추론할 수 있다. 해외 기관의 전파응용산업 분류 사례는 잠재적으로 확장 가능한 전파응용분야로 인식할 수 있으며, 이러한 분야 역시 전파응용산업의 분류에 있어 참고한다.

정리하면, 본 연구는 신규 전파응용산업을 다음과 같은 과정을 통해 도출한다. 먼저, 기존 문헌을 검토하여 분류 가능한 전파응용산업(또는 전파활용분야)의 후보군을 파악한다. 다음으로, 후보군 중 정부가 5G 전략부문으로 분류한 산업을 우리나라의 실정에 맞는 전파응용산업으로 다시 한 번 분류한다. 이는 전파공급이 정부의 권한 하에 있기 때문이다. 마지막으로, 실제 전파가 관여되는 산업을 전파응용산업으로 최종 분류한다. 예를 들어 반도체, 전지 등은 웨어러블 디바이스(전파활용분야의 후보)와 연관되지만, 그 자체의 활용에 전파가 필수적으로 투입되지 않는다. 따라서 이들과 같이 전파가 실제 관여되지 않는 산업은 전파응용산업에서 배제할 필요가 있다.

5G 도입 이후 확장될 전파응용분야는 네트워크 장비, 차세대 스마트폰, 웨어러블 디바이스, 실감컨텐츠, VR·AR 디바이스, 5G V2X(차량통신), 자율주행차, 지능형 CCTV, 미래형 드론, 커넥티드 로봇, 정보보안, 엣지컴퓨팅, 스마트공장, 스마트시티, 디지털 헬스케어 등으로 판단된다. 이러한 분야들이 특정 산업으로 구분되어 있지 않기 때문에 경제적 파급효과 측정을 위한 분류가 필요하다. 본 연구는 각 분야에 대한 산업분류 사례를 조사·참고한다. 관련하여 신성장정책금융센터가 2018년 발표한 혁신성장 공동기준 매뉴얼, 산업연구원이 2020년 발표한 4차 산

업혁명에 대한 지역의 수용력 연구, 2020년 정보보호산업실태조사 등을 참고하여 전파응용산업을 분류한다.⁵⁾ <표 1>은 산업연관표 상품분류 기본부문에 따른 전파응용산업 분류를 나타낸다. 괄호 안의 굵은 글씨는 관련된 5G 유관 분야를 나타낸다. 전파응용기기 분야는 19개 세부 산업으로, 전파응용서비스 분야는 9개 세부 산업으로 분류된다.

<표 1> 한국은행 산업연관표 상품분류 기본부문에 따른 전파응용산업 분류

구분	기존(5G 도입 이전)	신규(5G 도입 이후)
전파응용 기기	[1] 이동전화기 [2] 기타 무선통신장비 및 방송장비 [3] TV [4] 영상기기 [5] 오디오 및 음향기기	[1] 이동전화기(차세대 스마트폰) [2] 기타 무선통신장비 및 방송장비(네트워크 장비, 웨어러블 디바이스, 5G V2X, 자율주행차, 지능형 CCTV, 엣지컴퓨팅, 스마트시티) [3] TV [4] 영상기기(VR·AR 디바이스, 지능형 CCTV) [5] 오디오 및 음향기기 [6] 의료용 기기(VR·AR 디바이스, 디지털 헬스케어) [7] 항공기(미래형 드론) [8] 승용차(자율주행차) [9] 버스(자율주행차) [10] 산업용 로봇(키넥티드 로봇, 스마트공장) [11] 컴퓨터(엣지컴퓨팅) [12] LCD 평판 디스플레이(웨어러블 디바이스) [13] 측정 및 분석기기(자율주행차) [14] 자동조정 및 제어기기(자율주행차) [15] 기타 전기장비(5G V2X) [16] 기타 특수 목적용 기계(VR·AR 디바이스, 스마트공장) [17] 기타 전자표시장치(웨어러블 디바이스) [18] 기타 가정용 전기기기(키넥티드 로봇) [19] 기타 전자부품(웨어러블 디바이스, 자율주행차, 지능형 CCTV, 스마트시티)

5) 지면의 제약으로 인해 본문에 포함하지 않았지만, 본 연구는 한국표준산업분류(10차 개정) 세세분류에 따라 전파응용산업을 분류하였다. 이를 다시 한국은행 산업연관표 상품분류 기본부문에 적용하는 과정을 거쳤으며, 최종 결과만을 <표 1>과 같이 제시한다.

구분	기존(5G 도입 이전)	신규(5G 도입 이후)
전파응용 서비스	[1] 무선 및 위성 통신서비스 [2] 지상파 방송서비스 [3] 유선, 위성 및 기타방송서비스 [4] 소프트웨어 개발 공급	[1] 무선 및 위성 통신서비스(VR·AR 디바이스) [2] 지상파 방송서비스(실감 콘텐츠) [3] 유선, 위성 및 기타방송서비스(실감 콘텐츠) [4] 소프트웨어 개발 공급(실감 콘텐츠, VR·AR 디바이스, 자율주행차, 지능형 CCTV, 정보보안, 엣지컴퓨팅, 스마트공장, 스마트시티) [5] 건축·토목 관련 서비스(스마트공장) [6] 영상·오디오물 제작 배급(실감 콘텐츠) [7] 영화상영(실감 콘텐츠) [8] 게임소프트웨어 출판(실감 콘텐츠, VR·AR 디바이스) [9] 전자통신기기 및 가정용품 수리서비스(정보보안)

2. 경제적 파급효과 측정

특정 산업의 경제적 파급력은 경제성이라는 시장논리에 입각하여 정책 또는 제도의 당위성을 정량적으로 평가하기 위한 기준으로 활용된다. 따라서 정책의 목적과 유형에 따라 평가의 방향이 달라져야 할 것이며, 이와 연계하여 적절한 방법론이 선택되어야 한다. 경제적 파급효과를 실증적으로 평가하기 위한 여러 방법론이 존재하며, 각 방법론은 각기 상기한 이론적 의미를 갖는다. 이러한 이론적 의미를 정책 목표와 비교·검토함으로써 최적 방법론 선택이 가능하다.

산업연관분석(inter-industry analysis)⁶⁾은 한 국가 내 혹은 한 지역 내 생산활동을 구성하는 다양한 산업 간 상호 의존성을 정량적으로 평가하기 위한 방법론이다. 동 방법론은 정책 목표가 국민경제에 미치는 영향력을 평가함에 있어 가장 일반

6) 산업연관분석은 다섯 가지 가정을 갖는다. 먼저, 투입계수 등 각종 파라미터(parameter)가 고정적임을 가정한다. 둘째, 하나의 산업은 오로지 하나의 상품만을 생산하기 때문에 결합 생산을 배제한다. 셋째, 하나의 상품은 중간재 구성에 기초한 단일 생산방법만이 존재함을 전제한다. 넷째, 투입물과 산출물이 비례적으로 증감하며, 이는 규모의 경제(economies of scale)가 존재치 않음을 가정한다. 구체적으로 중간재 투입에 따른 수확 체증(increasing returns to scale) 또는 체감(decreasing returns to scale)이 존재치 않는다. 마지막으로, 외부경제(external economies)가 존재치 않아 각 부문의 생산 총계는 각 부문이 행한 결과와 일치한다.

적으로 활용되고 있다. 예를 들어, 특정 정책 및 제도의 도입이 특정 산업의 최종 수요(즉, 매출 혹은 생산)를 증가시킴을 전제로, 이러한 증가가 승수효과(multiplier effect)를 바탕으로 다수의 산업에 미치는 파급효과를 생산, 부가가치, 고용 등의 측면에서 계량화하는 방식이다. 여기서 승수효과는 산업 간 연관관계에 기초해 평가되며, 특정 산업의 생산을 위해 다양한 원재료의 투입이 필요하다는 경제활동의 본질에 기초한다. 승수효과는 산업별로 상이하며, 이는 산업별 중간재나 원재료의 투입구조에 기초한 생산기술이 다르기 때문이다. 정책 목표를 산업의 생산과 연계하면 기대효과를 추정할 수 있으며, 정책 의사결정에 따라 이러한 효과가 달라질 수 있다.

Xing et al. (2011)은 다음과 같은 측면에서 투입산출표를 활용한 산업연관분석의 장점을 제시한다. 먼저, 투입산출표가 전세계 대부분의 국가가 활용하는 국민계정(national accounts)에 기초하여 구축되기 때문에 국가 내 혹은 국가 간 비교가 가능한 자료(database)로써 객관적인 분석이 가능하다. 둘째, 실증적으로 투입산출표를 활용한 접근이 다수의 연구들에 의해 이루어짐에 따라 상당한 자료가 축적되고 있다. 또한, 제안된 이후 지속적으로 방법론이 확장·응용되어 왔다. 이는 분석 방법론 측면에서 확장력과 신뢰성을 뒷받침한다. 셋째, 투입산출분석은 국민경제의 순환과 상호 의존성이라는 견고한 이론적 배경에 의해 뒷받침된다. Rohman (2013)은 산업연관분석을 통해 유럽 국가의 ICT 부문(12개 부문)이 국민경제에 미치는 효과를 계량화한다. ICT 부문이 국민경제에 미치는 승수효과는 1995년-2000년대에 비해 2000년-2005년대에 하락하고 있음을 확인한다.

Prieger (2020)는 5G 도입을 위한 이동통신 산업의 투자지출, 5G 기술을 활용하여 서비스 제공하는 여타 산업의 투자지출, 이동통신 가입자(기업 포함)가 5G 서비스를 활용하기 위해 추가로 지출해야 하는 비용(4G 서비스 활용에 수반한 비용과의 비교), 5G 서비스를 활용하기 위한 소비자의 장비 구매비용 등을 5G의 경제적 파급효과를 추정하기 위한 경제활동으로 인식한다. 각 지출 혹은 비용은 관련 산업분야의 매출액 증가로 연계된다. 이러한 활동으로 발생하는 지출들을 기초로 투입산출분석을 통해 파급효과를 측정한다. 이러한 접근을 통해 2019년에서 2025년에 걸쳐 1.7조 달러의 총 매출액 증가가 발생하며, 850만 개의 일자리가 증가할 것으로 평가한다.

Accenture (2021)은 미국 5G 도입의 경제적 파급효과를 추정한다. 이를 위해, 5G를 포함한 과거 무선통신 기술의 도입과 이동통신 보급률의 관계에 파악한다.

다음으로, 계량모형(Arellano-Bover/Blundell-Bond dynamic panel data estimator)을 활용하여 이동통신 보급률과 총 매출액(gross output) 간의 추정된 뒤, 이를 바탕으로 5G 보급률 확대가 매출액에 미치는 효과를 추정한다. ICT 산업을 포함한 16개 산업분류에 기초한 투입산출표를 활용하여 5G 도입에 따른 이동통신 매출액 변화가 각 산업에 미치는 파급력을 평가한다. 이러한 모델링을 바탕으로 5G 도입이 2021년부터 2025년에 걸쳐 2.7조 달러의 총 매출액 증가에 기여함을 주장한다. 더불어, 1,600만 개의 새로운 일자리를 창출할 것으로 평가한다.

국내 연구로 박추환, 한성수 (2010)는 녹색성장을 위한 산업별 IT 연구개발 투자금액이 최종수요를 유발할 것을 전제로 해당 정책의 경제적 파급효과를 추정한다. 즉, IT 관련 투자가 유관 산업의 생산(최종수요)을 증가시키며, 이러한 효과가 여타 산업으로 파급되는 효과(생산유발효과)를 포착하여 경제적 파급효과로 평가한다. 생산유발액은 IT 제조 분야에서 3조 1,853억 원, IT 서비스 분야에서 1조 4,360억 원, S/W 및 컴퓨터 관련 서비스 분야에서 4,482억 원으로 보고한다. 이는 정책목표의 기대효과를 산업연관분석을 통해 계량화한 사례로 평가될 수 있다.

장재혁, 여재현 (2014)은 광대역 이동통신 주파수(1.8GHz, 2.6GHz)의 할당이 국민경제에 미치는 효과를 산업연관분석을 통해 정량화한다. 이를 위해 먼저, 주파수 할당으로 인해 광대역 이동통신 매출의 증가, 네트워크 장비 매출의 증가, 단말 매출의 증가, 모바일 광대역 콘텐츠 수요 증가 등의 효과를 고려한다. 다음으로, 각 시나리오에 해당되는 4개 산업(이동통신 네트워크, 이동통신 서비스, 이동통신 단말기, 모바일 콘텐츠)을 분류하고, 각 산업의 매출 증가 수준을 추정한다. 추정된 수준에 분류된 산업을 바탕으로 생산유발계수와 고용유발계수를 측정한 뒤, 매출(최종수요) 변화량을 고려하여 생산유발효과와 고용유발효과를 평가한다. 측정결과, 2013년 9월부터 2018년까지 약 144조 원의 생산유발효과와 57만 명의 고용유발효과를 제시한다.

김은미, 김상봉 (2019)은 모바일 데이터 오프로딩 산업을 기반으로 5G의 경제적 파급효과를 측정한다. 이들 연구는 산업연관분석을 기반으로, 모바일 데이터 오프로딩 유관산업을 무선 및 위성 통신서비스로 정의하며, 동 산업의 생산유발효과 승수를 약 0.70, 부가가치유발효과 승수를 약 0.33으로 제안한다. 신규 모바일 데이터 오프로딩 금액(최종수요의 증가)을 약 75조 원으로 추산하고, 이를 앞선 승수들을 적용한 모바일 데이터 오프로딩 산업의 경제적 파급효과(생산유발효과와 부가가치유발효과)의 합계)인 약 152조 원으로 추산한다. 조은진 외 (2020)는 산업

연관분석을 통해 이동통신서비스의 기술 세대별 경제적 파급효과를 분석한다. 2G는 2000년부터 2005년, 3G는 2006년부터 2010년, 4G는 2011년부터 2015년으로 구분하여 각 기간별 평균적인 생산유발효과, 부가가치유발효과, 공급지장효과, 전·후방 연쇄효과 등을 바탕으로 경제적 파급효과를 평가한다. 더불어, 2G, 3G, 4G로부터 도출된 생산유발계수의 선형회귀식을 바탕으로 5G의 생산유발계수를 추정한다. 분석결과, 5G는 4G 대비 약 11% 증가한 생산유발효과가 있을 것으로 제안한다.

사회후생에 기반하여 경제적 파급효과를 측정하려는 시도는 소비자잉여(consumer surplus)와 생산자잉여(supplier surplus)에 기반한다. 따라서 이러한 요인들의 정량화를 위해서는 본질적으로 수요함수와 공급함수의 추정이 선행되어야 한다. Hazlett and Munoz (2004; 2009), 김용규, 김지연 (2011)은 이동통신서비스의 공급함수와 수요함수를 바탕으로 사회후생에 기초하여 경제적 파급효과를 추정하는 방식을 제안한다. 함수의 추정결과에 기초하여, 주파수 할당량 증가로 인한 요금(균형가격) 하락과 생산량 증가에 기인한 소비자잉여와 생산자잉여를 사회후생 효과로 의제한다. 주파수 추가 공급이 직접적으로 요금을 하락시키는 효과와 주파수 추가 공급으로 인해 시장 경쟁이 증가하게 되어 간접적으로 요금을 하락시키는 효과를 제시한다. 정리하면, 공급함수에 변화된 주파수 할당량과 시장 경쟁을 고려하여 변화된 요금을 추정한다. 이렇게 변화한 요금을 수요함수에 투입하여 변화된 생산량을 추정한다. 이를 바탕으로 소비자잉여를 추정하며, 이동통신사업자의 영업이익률에 매출변화를 곱하여 생산자잉여를 추정한다. 이러한 두 가지 수치를 합산하게 되면 주파수 추가할당의 사회후생효과의 추정이 가능하다.

회귀분석 방식은 GDP 변화량에 기초하여 ICT 서비스 보급률의 영향력을 평가하는 방식이다. 예를 들어, 주파수 할당, 투자 확대 정책 등을 통해 보급률의 변화양상을 파악하고 이를 추정된 보급률과 GDP의 변화량 간 인과관계에 대입하여 GDP의 변화량을 추정한다. 대표적으로 Czernich et al. (2011)은 회귀분석 접근을 통해 OECD 국가의 광대역 인터넷 서비스 보급률과 경제성장 간의 관계를 분석한다. 이를 위해, 먼저, 생산함수에 기초하여 광대역 인터넷 서비스가 기술 수준에 영향을 미침을 제시한다. 다음으로, 광대역 인터넷 서비스의 채택 여부와 보급률⁷⁾이 GDP(또는 GDP 변화율)에 미치는 효과를 추정한다. 분석결과, 보급률의 10%

7) 보급률은 채택 여부와 달리, 조기 도입의 영향력을 포착하는 효과를 갖는다.

상승이 1인당 GDP 성장률을 0.9-1.5% 증가시킴을 확인한다. Aldashev and Batkeyev (2021)은 ICT 기술이 생산함수의 하나의 구성요인인 총요소생산성(total factor productivity)의 일종으로 고려될 수 있음을 전제한다. 이를 바탕으로 광대역 인터넷 서비스 보급률과 지역 GDP 성장 간의 인과관계를 추정한다. 분석결과, 광대역 인터넷 서비스 보급률은 소매업과 농업 분야에 관련한 GDP 성장에 주로 관여하고 있음을 확인한다. Yang et al. (2019)는 이동통신 단말기 수, 이동통신 보급률, 무선인터넷 보급률 등으로 대리되는 정보 성숙도(information maturity)가 높을 수록 최적 주파수 할당이 이루어졌음을 가정한다. 따라서 이를 대리하는 지표들을 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 생산함수에 투입하여 최적 주파수 할당이 경제성장에 미치는 영향력을 실증적으로 추론한다. 이를 응용하면, 국가 간 자료를 확보하여 주파수 할당량이 GDP 변화율에 미치는 효과를 사전에 추정하여 한계효과(marginal effect)를 파악한 뒤, 추가 할당될 주파수의 양을 고려하여 GDP 변화를 측정하는 방식으로 경제성 평가가 가능할 것이다.

앞서 논의한 세 가지 경제적 파급효과 측정 대안들은 각기 장·단점을 가지며, 이는 <표 2>에 제시된 바와 같다. 본 연구는 전파응용산업의 경제적 파급효과 측정을 위한 대안으로 산업연관분석을 활용한다. 이러한 선택의 이유는 사회후생 방식은 특정 시장에 집중하여 분석하는데, 다양한 용도를 갖는 5G 기술의 특성상 모

<표 2> 경제적 파급효과 측정 방법론의 장·단점 비교

대안	장점	단점
산업연관분석	<ul style="list-style-type: none"> · 견고한 이론적 배경과 실제 실물 경제에 기반 · 기존 분석사례와의 비교 용이 · 산업 분류, 분석자료의 갱신 등을 통해 다양한 확장 가능 · 경제 내 산업 간 순환관계에 기초 	<ul style="list-style-type: none"> · 특정 산업이 여러 가지 상품을 동시에 생산할 경우 분석결과의 현실성이 약화될 가능성
사회후생 추정	<ul style="list-style-type: none"> · 견고한 경제이론이 배경 · 모형의 다양한 구성요인의 변화를 통한 조정 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 산업 간 연계성을 바탕으로 한 국민 경제의 파급력에 대한 종합적 판단의 어려움 · 복잡한 통계적 추론과 다양한 자료의 확보 필요
회귀분석	<ul style="list-style-type: none"> · 실증분석 용이 · 종속변수와 독립변수를 다양하게 변화함으로써 다양한 인과관계에 대한 분석 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 누락변수의 편의 가능성 · 전파 활용에 따른 산업에 대한 경제적 파급력과 산업 간 의존성의 평가하기 어려운 구조

든 시장(산업)에 대한 분석을 동시에 수행하는데 현실적 어려움이 크기 때문이다. 회귀분석은 지나치게 현실을 단순화하는 문제와 더불어 변수 선택의 자의성이 높아 객관성이 약화될 우려가 제기될 수 있다. 더불어 전파응용산업의 경제적 파급력과 산업 간 의존성을 쉽게 파악하기 어려운 단점을 갖는다.

Ⅲ. 자료 및 방법론

1. 자료

본 연구는 한국은행 산업연관표를 활용하여 전파응용산업의 경제적 파급효과를 측정한다. 가장 최근 산업연관표는 2019년에 발표되었으며, 2015년 실측표를 바탕으로 연장된 자료이다. 본 연구는 2019년 산업연관표를 활용하는데, 이는 국내에서 5G 도입이 2018년 주파수 할당 이후 본격화되었으며, 2019년 상용화가 시작되었기 때문이다. 따라서 2019년 자료를 바탕으로 5G 도입의 효과를 최초로 측정 가능할 것으로 평가된다. 산업연관표의 산업분류는 32개 대분류, 78개 중분류, 174개 소분류, 278개 기본부문으로 구성된다. 상품분류는 33개 대분류, 83개 중분류, 165개 소분류, 381개 기본부문으로 구성된다. 산업연관분석을 위한 투입산출표(input-output table)는 상품×상품의 형태로 제공된다. 따라서 상품분류에 따라 전파응용분야를 수작업으로 분류하고 분석을 실시한다.

투입산출표는 생산자가격, 구매자가격, 기초가격을 기반으로 측정될 수 있다. 생산자가격은 구매자가격에서 유통마진을 제외하여 실제 생산자가 수취하는 가격이다. 각 산업별 유통마진율이 상이하므로 이러한 영향을 통제하기 위해 산업 간 상호 의존성에 기초한 경제적 파급효과 분석에는 주로 생산자가격이 활용된다. 기초가격은 생산자가격에서 세금을 제외한 금액이다. 세율이 산업별로 상이하므로 기초가격이 이러한 효과를 배제한 순수한 파급효과를 측정에 활용될 수 있다. 하지만 기초가격에 기초한 투입산출표는 실측표(2015년)에는 제공되지만 본 연구가 활용한 연장표(2019년)에는 생산자가격만이 제공된다. 따라서 본 연구는 생산자가격에 기초한 분석을 실시한다.

본 연구는 앞선 <표 1>과 같이 기존 전파응용산업은 전파응용기기 분야 5개 부문, 전파응용서비스 분야 4개 부문으로 분류하며, 5G 도입 이후 확장된 산업은 전

파응용기기 분야 19개 부문, 전파응용서비스 분야 9개 부문으로 분류한다. 전파응용산업의 확대가 경제적 파급효과(즉, 생산유발효과 등)의 상승을 의미하지는 않는다. 산업연관분석의 결과는 다수의 산업을 포함하여 새롭게 분류된 전파응용산업의 평균적인 파급력을 추계한다. 예를 들어, 전파응용산업에 포함된 기존 A산업의 파급력이 높더라도 신규 B산업의 파급력이 이를 상쇄할 만큼 낮다면 전체 파급력은 오히려 감소할 수 있다. 즉, 5G 도입 이후 새롭게 추가된 전파응용산업의 여타 산업과의 연관관계가 높지 않다면, 오히려 5G 도입 이전에 비해 경제적 파급효과가 낮게 관찰되는 것도 가능하다.

<표 3>는 산업연관분석을 위한 산업의 재분류 결과를 제시한다. 본 연구는 분석의 복잡화 가능성을 낮추고, 분석결과의 직관적 이해가 용이하도록 한국은행 산업연관표의 대분류에 따라 산업을 재분류한다. 앞서 언급한 바와 같이 한국은행 산업연관표의 대분류는 33개 부문으로 구성된다. 각 부문(대분류)에서 전파응용부문을 추출하여 34번째 부문을 생성한다. 생성과정은 다음과 같다. 먼저, 앞선 기본

<표 3> 산업연관분석을 위한 산업의 재분류

순번	분류	순번	분류
1	농림수산물	18	수도, 폐기물처리 및 재활용서비스
2	광산물	19	건설
3	음식료품	20	도소매 및 상품중개서비스
4	섬유 및 가죽제품	21	운송서비스
5	목재 및 종이, 인쇄	22	음식점 및 숙박서비스
6	석탄 및 석유제품	23	정보통신 및 방송 서비스
7	화학제품	24	금융 및 보험 서비스
8	비금속광물제품	25	부동산서비스
9	1차 금속제품	26	전문, 과학 및 기술 서비스
10	금속가공제품	27	사업지원서비스
11	컴퓨터, 전자 및 광학기기	28	공공행정, 국방 및 사회보장
12	전기장비	29	교육서비스
13	기계 및 장비	30	보건 및 사회복지 서비스
14	운송장비	31	예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스
15	기타 제조업 제품	32	기타 서비스
16	제조업가공 및 산업용 장비 수리	33	기타
17	전력, 가스 및 증기	34	전파응용

부문 투입산출표를 활용하여 <표 1>의 전파응용부문을 분리하고 별도의 산업을 생성한다. 다음으로, 이렇게 분리된 다양한 전파응용부문의 생산액 합계를 새로운 대분류(전파응용산업)로 인식한다. 마지막으로, 전파응용부문을 제외한 나머지 기본부문들의 생산액을 합하여 대분류 생산액으로 활용한다. 이는 가급적 세밀하게(기본부문) 전파응용산업을 분류하기 위한 설정이다. 이러한 과정을 거치면 전파응용산업의 고유한 경제적 파급효과를 측정할 수 있게 된다.

<표 4>는 산업 재분류에 따른 기존과 신규 전파응용산업의 현황을 비교한 결과이다. 한국은행이 발표한 2019년 투입산출표에 기초하여 계산된 기존 전파응용산업의 총 산출액은 약 128조 원으로 나타나며, 이는 전체 산업합계의 약 3% 수준이다. 5G 도입으로 인해 확장된 전파응용산업(신규)의 총 산출액은 약 398조 원으로 5G 이전에 비해 약 3배 정도 확대되는 것으로 나타난다. 전체 산업합계에서 차지하는 비중은 약 9% 수준으로 확인된다. 부가가치, 취업자 수, 고용자 수 역시 이와 유사한 수치의 변화가 관찰되는 것으로 나타난다. 이는 5G 도입으로 인해 전파응용산업이 국민경제에서 차지하는 비중이 상승하고 있음을 의미한다. 더 나아가, 전파 정책이 국가적 차원의 경쟁력을 결정할 만큼 중대해지고 있음을 시사한다.

<표 4> 재분류에 따른 전파응용산업의 현황 비교 (단위: 백만 원/명)

구분	기존	신규(5G 도입 이후)
산출액	128,015,143(0.0293)	398,027,487(0.0912)
부가가치	59,694,335(0.0314)	150,553,789(0.0792)
취업자 수	413,228(0.0168)	1,151,630(0.0469)
고용자 수	379,689(0.0210)	1,016,992(0.0562)

주) 괄호 안의 전체 산업합계에 대한 비중

한편, 정부는 2026년 기준 5G+ 전략산업에서 약 180조 원 가량의 생산액이 창출될 것으로 예상하고 있다. 이러한 예상과 본 연구의 5G 도입 이후 전파응용산업 산출액 간 차이를 보이는 이유는 다음과 같이 설명될 수 있다. 먼저, 본 연구의 전파응용산업의 산출액은 5G+ 전략산업뿐만 아니라 무선통신, 이동전화 등과 같은 전통적 전파응용분야를 모두 포괄하여 측정되었기 때문이다. 둘째, 본 연구는 5G+ 전략에 기반한 재화나 서비스와 연계된 하나의 산업이 아니라 연계된 여러 산업

을 포괄적으로 전파응용산업으로 분류하였기 때문이다. 다수의 산업을 포함함에 따라 산출액의 규모도 확대될 수 밖에 없다. 마지막으로, 기존 전파응용산업을 어떻게 분류하느냐에 따라 5G 도입 이후 전파응용산업의 산출액 역시 달라질 수 있다. 본 연구는 5G 도입 이후 전파응용산업의 경제적 파급효과를 명료히 확인하기 위해 기존 전파응용산업을 비교적 좁게 분류한다. 이러한 설정은 5G 도입 이전과 이후의 전파응용산업의 산출액 차이로 평가될 수 있는 5G+ 전략 분야의 생산액이 비교적 크게 관찰되는 원인으로 작용할 것으로 판단된다.

2. 방법론

산업연관표⁸⁾는 공급사용표와 투입산출표로 구성되는데, 산업연관분석에는 주로 투입산출표가 활용된다. 투입산출표는 상품의 투입구조와 산출구조를 상품×상품 행렬 형태로 나타낸 통계표이다. 상품은 이동전화, TV 등과 같이 실제 시장에서 거래되는 재화와 서비스를 의미한다.

생산유발계수는 특정 산업의 최종수요가 한 단위 변화하였을 때 이를 충족하기 위해 각 산업 부문에서 직·간접적으로 유발되는 생산을 의미한다. 이는 투입계수를 통해 측정되는데, 특정 산업의 최종수요가 변화함을 전제로 투입계수와 변화된 최종수요의 곱은 여타 산업의 생산파급효과(1차)를 의미한다. 여기서, 여타 산업의 생산 변화는 또 다시 생산파급효과(2차)를 갖게 되며, 이러한 파급과정은 계속해서 반복된다. 이러한 모든 파급효과를 합산한 것이 생산유발효과라 할 수 있다.

식 (1)은 투입산출표를 수식화한 것이다. 투입계수 a_{ij} 는 각 부문의 중간투입액(x_{ij})을 총투입액(x_j)으로 나눈 값이므로, 중간투입액은 투입계수와 총투입액의 곱($a_{ij} * x_j$)으로 표현될 수 있다. 최종수요는 총산출액(x_i)과 수입(m_i)과 잔폐물 발생액(z_i)의 합과 같으므로, 최종수요에서 수입과 잔폐물 발생액을 차감하게 되면 총산출액과 같아지게 된다.

8) 산업연관효과 도출 과정에 대한 내용은 한국은행 (2014)의 내용을 부분 발췌 및 요약하여 작성하였다.

9) 잔폐물은 생산과정에서 발생되어 재활용이 가능한 물품을 의미한다.

$$\begin{aligned}
 a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1j}x_j + \cdots + a_{1n}x_n + y_1 - m_1 - z_1 &= x_1 \\
 \vdots & \\
 a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots + a_{ij}x_j + \cdots + a_{in}x_n + y_i - m_i - z_i &= x_2 \\
 \vdots & \\
 a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \cdots + a_{nj}x_j + \cdots + a_{nn}x_n + y_n - m_n - z_n &= x_3
 \end{aligned} \tag{1}$$

위 식 (1)을 행렬 형태로 변환하면 아래 식 (2)가 도출된다.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_j \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_j \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m_1 \\ \vdots \\ m_j \\ \vdots \\ m_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} z_1 \\ \vdots \\ z_j \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_j \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \tag{2}$$

식 (2)를 축약하면 식 (3)이 도출되며 A 는 투입계수 행렬, x 는 총 산출액 벡터 (vector), y 는 최종수요 벡터, m 은 수입액 벡터, z 는 잔폐물 발생액 벡터를 의미한다.

$$Ax + y - m - z = x \tag{3}$$

위 식을 총 산출액을 좌변에 두어 정리하면 아래와 같은 과정을 거쳐 식 (4)가 도출된다. I 는 주대각원소가 모두 1인 단위행렬을 의미한다. $(I - A)^{-1}$ 은 역행렬 계수(inverse matrix coefficients) 또는 레온티에프 역행렬(Leontief inverse matrix)로 명명되며 생산유발계수¹⁰⁾를 의미한다.

$$\begin{aligned}
 x - Ax &= y - m - z \\
 (I - A)x &= y - m - z \\
 x &= (I - A)^{-1}(y - m - z)
 \end{aligned} \tag{4}$$

$(I - A)^{-1}$ 은 무한등비급수의 정의에 따라 $I + A + A^2 + A^3 + A^4 + \cdots$ 로 표현될 수 있다. 여기서, I 는 직접생산효과를 의미하며, A 는 1차 파급효과, A^2 는 2차 파급효

10) 생산유발계수가 의미를 가지기 위해서는 호킨스-사이먼 조건(Hawkins-Simon condition)이 필요한데, 이는 어떤 재화 또는 서비스 한 단위 생산에 투입되는 재화 또는 서비스의 직·간접적인 투입량의 합이 한 단위보다 작아야 함을 의미한다(한국은행, 2014).

과, A^3 와 A^4 는 각각 3차, 4차 파급효과를 의미한다. 결국, 생산유발계수는 직·간접적 생산파급효과를 모두 포함하게 된다. 생산유발계수 행렬의 열 합계는 특정 부문의 최종수요 한 단위를 충족하기 위한 직·간접적으로 필요한 모든 부문의 산출단위, 즉, 생산유발효과를 의미한다. 행 합계는 모든 부문의 최종수요가 각각 한 단위씩 증가하였을 때 이를 충족하기 위하여 필요한 특정 부문의 산출단위를 의미한다(한국은행, 2014).

지금까지 언급한 생산유발계수는 국산과 수입을 구분하지 않는 경쟁수입형 생산유발계수를 의미한다. 이러한 방식들과 달리 국산과 수입을 구분하는 생산유발계수로 비경쟁수입형이 존재한다($(I - A^d)^{-1}$).¹¹⁾ 이는 투입산출표의 국산거래표를 활용하여 산출된다. 경쟁수입형 방식의 경우 국내 생산파급효과를 순수하게 평가하는데 제한적이다. 반면, 비경쟁수입형 방식의 경우 국내에서 발생된 최종수요의 변화를 순수하게 평가하는데 보다 적합할 것으로 평가된다.

한편, 한국은행은 음(-)의 생산유발계수 발생의 문제를 차단하기 위해 2010년 이후 잔폐물 발생에 대한 처리를 음(-)의 투입방식에서 일괄처리방식으로 변경하였다. 따라서 잔폐물의 효과를 분리하여 추정하기 어렵다. 국산거래표를 활용하고 잔폐물의 효과를 별도 고려하지 않은 최종수요를 바탕으로 변동모형(variability model)을 추정한 결과를 도출한 파급효과 관계식은 아래 식 (5)와 같다.

$$\Delta X = (I - A^d)^{-1} \Delta Y \quad (5)$$

지금까지 유도된 모형은 특정 부문의 최종수요 확대가 해당 부문의 총 산출액 변화에 미치는 내생적 효과도 포함한다. 따라서 이러한 내생적 효과를 배제한 순수한 파급효과 측정이 필요하다. 이를 위해 특정 부문을 외생화하여 파급효과를 측정하기 위한 방법도 제안한다. 외생화(exogenous specification)는 투입산출표에서 외생화 대상 산업의 중간수요 원소(열벡터)와 중간투입 원소(행벡터)를 제외하여 분석하게 된다. 만일 경제 내 3개의 부문만이 존재할 경우 아래 식 (6)과 같은 산업연관관계가 유도된다.

11) A^d 는 수입액을 배제하고 국산 산출액만을 활용하여 계산된 국산 투입계수 행렬이다.

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + y_1 &= x_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + y_2 &= x_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + y_3 &= x_3 \end{aligned} \tag{6}$$

여기서, 3부분의 행과 열을 제거하고 행렬로 축약하여 표기하면 식 (7)와 같다.

$$AX + A_3X_3 + Y = X \tag{7}$$

이를 변동모형으로 변환하면 3부분이 제외된 최종수요 Y 의 변화는 없게 되므로¹²⁾ 아래와 같은 식 (8)이 도출된다. 여기서, ΔX_{ex} 는 외생화 부문을 제외한 여타 부문이 외생화 부문의 산출 변화에 영향을 받은 산출 변화액을 의미한다. $(I - A_{ex}^d)^{-1}$ 은 앞선 투입계수 행렬 A 에서 외생화 부문이 포함된 열과 행을 제외하 뒤 계산된 레온티에프 역행렬이다. A_3 은 투입계수 행렬 A^d 에서 외생화 부문의 열 벡터에서 외생화 산업 간 투입계수를 제외한 열벡터이다. ΔX_3 은 외생화 부문의 산출 변화액을 의미한다.

$$\Delta X_{ex} = (I - A_{ex}^d)^{-1} (A_3 \Delta X_3) \tag{8}$$

한편, 생산유발계수를 바탕으로 다양한 유발계수의 확장이 가능하며, 부가가치 유발계수, 취업유발계수, 고용유발계수가 그것들이다. 부가가치를 v , 부가가치율¹³⁾의 대각행렬을 \widehat{A}^v 라고 하면 $v = \widehat{A}^v * x$ 의 관계가 성립된다. 이를 앞선 식 (4)에 대입하면 아래와 같은 식 (9)가 성립한다. 여기서, $\widehat{A}^v(I - A^d)^{-1}$ 은 최종수요 변화에 따른 부가가치의 유발효과를 의미하므로 부가가치유발계수로 활용될 수 있다.

$$v = \widehat{A}^v(I - A^d)^{-1}(y^d - z) \tag{9}$$

부문별 노동계수를 활용한 노동유발효과의 분석도 가능하다. 노동계수는 부문별 생산활동에 투입된 노동의 양을 총 산출액(산출액 10억 원 기준)으로 나눈 값

12) 분석의 가정상 외생화 부문을 제외한 나머지 부문의 최종수요(Y)는 변화하지 않는 것으로 설정하였기 때문이다.

13) 부가가치율은 산업별 총 산출액에서 부가가치가 차지하는 비중을 의미한다.

으로 정의된다.¹⁴⁾ 전체 노동량에 자영업자, 무급가족종사자, 임금근로자를 포함하면 고용계수, 임금근로자만을 포함하면 취업계수를 의미하게 된다. 고용계수는 $l_i^e = l_i^e/x_i$ 로, 취업계수는 $l_i^{w*} = l_i^w/x_i$ 로 정의되며, L 은 각 계수를 주대각원소로 하는 대각행렬이다. 따라서 $l = \widehat{L}^*x$ 가 성립하며, 이를 앞선 식 (4)에 대입하면 아래 식 (10)과 (11)이 도출된다. 여기서, $\widehat{L}^{e*}(I-A^d)^{-1}$ 과 $\widehat{L}^{w*}(I-A^d)^{-1}$ 이 고용유발계수와 취업유발계수를 의미한다.

$$l^e = \widehat{L}^{e*}(I-A^d)^{-1}(y^d - z) \quad (10)$$

$$l^w = \widehat{L}^{w*}(I-A^d)^{-1}(y^d - z) \quad (11)$$

앞선 식 (9)-(11)을 변동모형(variability model)으로 변환하게 되면 각 파급효과 관계식은 아래와 같이 도출할 수 있다.

$$\Delta v = \widehat{A}^v(I-A^d)^{-1}\Delta Y \quad (12)$$

$$\Delta l^e = \widehat{L}^{e*}(I-A^d)^{-1}\Delta Y \quad (13)$$

$$\Delta l^w = \widehat{L}^{w*}(I-A^d)^{-1}\Delta Y \quad (14)$$

부가가치유발계수, 고용유발계수, 취업유발계수 역시 외생화 과정을 거치면 아래 식 (15)-(17)이 도출된다. 아래 식들을 바탕으로 외생화된 산업(3부문)의 순수 파급효과를 추정할 수 있게 된다. \widehat{A}_{ex}^v 은 부가가치 계수의 대각행렬에서 외생화 부분의 행과 열을 제외한 행렬이다. \widehat{L}_{ex}^e 은 취업계수의 대각행렬에서 외생화 부분의 행과 열을 제외한 행렬이다. \widehat{L}_{ex}^w 은 고용계수의 대각행렬에서 외생화 부분의 행과 열을 제외한 행렬이다.

14) 이는 산출액 10억 원에 생산에 필요한 노동량을 의미한다.

$$\Delta v_{ex} = \widehat{A}_{ex}^v (I - A_{ex}^d)^{-1} (A_3 \Delta X_3) \quad (15)$$

$$\Delta l_{ex}^e = \widehat{L}_{ex}^e (I - A_{ex}^d)^{-1} (A_3 \Delta X_3) \quad (16)$$

$$\Delta l_{ex}^w = \widehat{L}_{ex}^w (I - A_{ex}^d)^{-1} (A_3 \Delta X_3) \quad (17)$$

앞서 유도된 경제적 파급효과 추정방식은 최종수요의 변화에 기초한다. 그렇기 때문에 이를 수요유도형으로 명명한다. 이러한 접근은 본질적으로 후방연쇄효과 (backward linkage effect)에 기인한 접근이다. 후방연쇄효과는 특정 부문에 대한 최종수요가 한 단위 발생할 때 전 부문에 미치는 영향으로 정의된다(한국은행, 2019). 이와 달리 전방연쇄효과에 주목한 공급중심의 분석도 가능하며, 이를 공급유도형으로 명명한다. 전방연쇄효과(forward linkage effect)는 여타 부문에 대한 최종수요가 각각 한 단위씩 발생했을 때 특정 부문이 받는 영향으로 정의된다(한국은행, 2019). 공급유도형은 특정 부문의 생산이 한 단위 지장받았을 경우 여타 산업에 미치는 파급효과로, 이를 공급지장효과로 명명한다.

투입산출표의 열 방향을 수식화하면 아래 식 (18)과 같이 표현이 가능하다. r_{ij} 은 산출계수를 의미하며, 이는 각 부문의 중간투입액(x_{ij})을 총산출액(x_i)으로 나눈 값이다.

$$\begin{aligned} X_1 &= r_{11}X_1 + r_{12}X_2 + r_{13}X_3 + V_1 \\ X_2 &= r_{21}X_1 + r_{22}X_2 + r_{23}X_3 + V_2 \\ X_3 &= r_{31}X_1 + r_{32}X_2 + r_{33}X_3 + V_2 \end{aligned} \quad (18)$$

위 식을 행렬로 변환하여 축약하여 정리하면 아래 식 (19)가 도출된다. X' 는 총산출 행렬 열벡터($n \times 1$), R 는 산출계수로 구성된 $n \times n$ 산출계수 행렬, V' 는 부가가치 행렬 열벡터($n \times 1$)이다. 이를 정리하면 아래 식 (20)이 도출된다. $(I - R)^{-1}$ 은 산출역행렬을 의미한다. 산출역행렬의 행 합계는 투입요소의 한 단위 변화에 따른 경제 전체의 총 산출액의 변화를 의미한다(유승훈, 양창영, 2004).

$$X' = X'R + V' \quad (19)$$

$$X' = V'(I - R)^{-1} \quad (20)$$

공급지장효과는 그 정의상 특정 부문의 공급 변화가 여타 부문에 미치는 효과를 추정하는데 있으므로, 외생화 과정이 요구된다. 앞선 외생화 논리를 참고하여 위 식 (20)을 외생화하면 아래 식 (23)이 도출된다.

$$X'_{ex} = X'_{ex} R_{ex} + X'_3 R_3 + V'_3 \quad (21)$$

$$X'_{ex} = (X'_3 R_3 + V'_3)(I - R_{ex})^{-1} \quad (22)$$

$$\Delta X'_{ex} = (\Delta X'_3 R_3 + \Delta V'_3)(I - R_{ex})^{-1} \quad (23)$$

외생화 부문의 부가가치의 변동이 없음을 가정하면, 아래 식 (24)가 도출된다. 여기서, R_3 는 산출계수 R 의 외생화 부문(3부문)의 행벡터에서 외생화 부문 간 산출계수를 제외한 행벡터이며, $\Delta X'_3$ 은 외생화 부문의 산출액 변화를 나타낸다. $(I - R_{ex})^{-1}$ 은 외생화된 산출 역행렬이다. $\Delta X'_{ex}$ 은 외생화 부문을 제외한 여타 산업부문의 산출액 변화를 나타낸다. 식 (24)을 통해 외생화 부문의 공급지장이 여타 부문에 미치는 효과를 측정할 수 있으며, 이를 공급지장효과라 명명한다.

$$\Delta X'_{ex} = (\Delta X'_3 R_3)(I - R_{ex})^{-1} \quad (24)$$

IV. 실증분석결과

1. 주요 결과

앞서 언급한 바와 같이, 산업연관관계는 전방연쇄효과와 후방연쇄효과로 구분 지을 수 있다. 일반적으로 생산유발효과가 큰 부분일수록 후방연쇄효과가 크다(정기호, 2013; 한국은행, 2014). 감응도 계수는 전방연쇄효과를 정량화한 지표로 특정 부문의 생산유발계수의 가로 합을 모든 부문의 평균(평균 생산유발계수)으로 나누어 산출한다. 영향력 계수는 후방연쇄효과를 정량화한 지표로 특정 부문의 생산유발계수의 세로 합을 모든 부문의 평균으로 나누어 계산한다.

<표 5>은 산업별 감응도와 영향력 계수를 나타낸다. 전파응용산업의 감응도 계

수는 1.2855로 이는 전체 산업분류의 8위에 해당하는 수치이다. 5G 도입 이후 전 파용용산업에 네트워크 장비, 산업용 로봇, 전자표시장치, 측정 및 분석장비 등과 같이 여타 산업의 중간재로 활용되는 산업이 포함됨에 따라 감응도 계수가 평균 이상으로 관찰되는 이유로 판단된다. 영향력 계수는 1.0250으로 나타났으며, 전체 산업분류에서 차지하는 위치로 14위로 확인된다. 이러한 결과는 전파용용산업의 수요 확대가 여타 산업에 생산을 유발하는 후방연쇄효과가 평균 이상으로 높게 나타남을 의미한다. 이는 전통적으로 생산유발효과가 큰 전자기기, 항공기, 승용차 등의 분야가 전파용용산업으로 편입되었기 때문으로 판단된다. 전통적 전파용용산업인 무선통신 분야는 전·후방연쇄효과가 비교적 낮은 원시산업에 해당된다. 하지만 5G 도입으로 인해 전·후방연쇄효과가 모두 평균을 상회하는 것으로 관찰된다. 따라서 5G 도입으로 인해 전파용용산업이 원시산업형¹⁵⁾에서 중간수요적 제조업형으로 전환되고 있음을 확인할 수 있다.¹⁶⁾

〈표 5〉 산업별 감응도 계수와 영향력 계수

부문	감응도 계수(전방연쇄효과)		영향력 계수(후방연쇄효과)	
	계수	순위	계수	순위
농림수산물	0.9557	18	1.0177	16
광산물	0.6046	31	1.0428	13
음식료품	1.1811	9	1.1864	3
섬유 및 가죽제품	0.8702	21	1.0055	18
목재 및 종이, 인쇄	1.0171	16	1.1030	9
석탄 및 석유제품	1.1316	14	0.6794	34
화학제품	1.8483	1	1.0209	15
비금속광물제품	0.7570	24	1.1502	5
1차 금속제품	1.3688	5	1.0139	17
금속가공제품	1.1356	12	1.1298	7
컴퓨터, 전자 및 광학기기	0.7025	25	0.7584	32

15) 전·후방 연쇄효과 크기에 따른 산업은 (1) 전·후방연쇄효과가 모두 높은 산업은 중간수요적 제조업형, (2) 전방연쇄효과가 높고 후방연쇄효과가 낮은 중간수요적 원시산업형, (3) 후방연쇄효과가 높고 전방연쇄효과가 낮은 최종수요적 제조업형, (4) 전·후방 연쇄효과가 모두 낮은 최종수요적 원시산업형으로 분류할 수 있다(연권희, 2011).

16) 산업 유형의 분류는 중간투입률(다른 산업으로부터 중간재를 구매하는 정도)과 중간수요율(다른 산업의 생산에 중간재로 사용되는 정도)을 통해서 파악할 수 있다(한국은행, 2014).

부문	감응도 계수(전방연쇄효과)		영향력 계수(후방연쇄효과)	
	계수	순위	계수	순위
전기장비	0.8898	20	1.0937	10
기계 및 장비	0.8572	23	1.1121	8
운송장비	1.0534	15	1.2735	2
기타 제조업 제품	0.6363	28	1.1475	6
제조입가공 및 산업용 장비 수리	1.1363	11	0.9893	20
전력, 가스 및 증기	1.2939	6	0.8290	28
수도, 폐기물처리 및 재활용서비스	0.6981	26	0.9515	23
건설	0.6280	30	1.0802	11
도소매 및 상품중개서비스	1.6326	2	0.9503	24
운송서비스	1.4766	3	0.9530	22
음식점 및 숙박서비스	1.1346	13	1.1655	4
정보통신 및 방송 서비스	0.8610	22	0.9217	26
금융 및 보험 서비스	1.2918	7	0.8893	27
부동산서비스	0.9957	17	0.7766	31
전문, 과학 및 기술 서비스	1.4504	4	1.0013	19
사업지원서비스	1.1742	10	0.8224	29
공공행정, 국방 및 사회보장	0.9062	19	0.7358	33
교육서비스	0.5579	34	0.8111	30
보건 및 사회복지 서비스	0.5985	32	0.9443	25
예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스	0.6341	29	0.9578	21
기타 서비스	0.6456	27	1.0773	12
기타	0.5898	33	1.3836	1
전파응용	1.2855	8	1.0250	14

<표 6>의 두 번째 열은 전파응용산업의 생산유발효과를 측정한 결과를 제시한다. 전술한 바와 같이, 생산유발효과는 전파응용산업의 최종수요(생산액)가 1단위 증가하였을 경우 직·간접적인 생산 파급력을 의미한다. 5G 도입 이후 전파응용산업의 생산유발계수는 1.9051로 관찰된다. 전파응용산업의 최종수요 1,000원 증가가 국민경제 전체에 1,905.1원의 생산을 유발할 수 있음을 시사한다. 전파응용산업을 제외하고 운송장비, 도소매 및 상품중개 서비스 등에서 생산유발계수가 비교적 높게 나타난다. 이는 전파의 분배·할당으로 인한 전파응용산업의 최종수요 증가가 이와 같은 산업의 진흥에 높은 파급력을 가지고 있음을 시사한다. 세 번째 열은 전파응용산업의 부가가치유발효과를 측정한 결과를 제시한다. 부가가치유발

계수는 0.7175로 나타난다. 생산유발계수와 유사하게, 도소매 및 상품중개 서비스, 운송장비, 전문, 과학 및 기술 서비스 등에서 부가가치유발계수가 높게 관찰된다.

네 번째 열은 전파응용산업의 취업유발효과를 제시한다. 투입산출표는 기본부문까지 세분화되어 수치가 제공된다. 반면, 고용표의 경우 소분류까지만 제공되어 취업계수와 고용계수를 측정함에 있어 두 가지 자료를 연계하는데 어려움이 있다. 본 연구는 고용표의 취업자 수와 고용자 수에 소분류에서 기본부문이 차지하는 산출액의 비중을 곱하여 기본부문 고용표를 재작성하였다. 이러한 작업을 거쳐 전파응용산업의 취업자 수와 고용자 수를 추산하고 이를 투입산출표와 연계하여 취업유발효과와 고용유발효과를 계산한다. 취업유발효과는 전파응용산업의 최종수요가 10억 원 증가할 때, 산업 전체에 미치는 파급효과를 의미한다. 취업유발계수는 7.0511으로 관찰된다. 취업유발효과와 달리 고용유발효과는 자영업자 등을 제외한 피고용자를 기준으로 파급효과를 측정하는 차이를 보인다. 다섯 번째 열의 고용유발계수는 5.7061로 나타난다.

〈표 6〉 전파응용산업의 산업연관분석 결과

부문	생산유발 효과	부가가치 유발효과	취업유발 효과	고용유발 효과
농림수산물	0.0039	0.0020	0.0781	0.0062
광산물	0.0012	0.0006	0.0043	0.0040
음식료품	0.0086	0.0022	0.0208	0.0166
섬유 및 가죽제품	0.0070	0.0014	0.0242	0.0182
목재 및 종이, 인쇄	0.0100	0.0032	0.0347	0.0279
석탄 및 석유제품	0.0191	0.0048	0.0016	0.0016
화학제품	0.0681	0.0186	0.1062	0.0979
비금속광물제품	0.0128	0.0039	0.0317	0.0269
1차 금속제품	0.0438	0.0082	0.0388	0.0370
금속가공제품	0.0403	0.0143	0.1325	0.1137
컴퓨터, 전자 및 광학기기	0.0206	0.0100	0.0230	0.0219
전기장비	0.0343	0.0101	0.0693	0.0631
기계 및 장비	0.0174	0.0054	0.0489	0.0435
운송장비	0.1136	0.0240	0.2831	0.2726
기타 제조업 제품	0.0024	0.0007	0.0146	0.0102
제조임가공 및 산업용 장비 수리	0.0277	0.0146	0.2172	0.2031

부문	생산유발 효과	부가가치 유발효과	취업유발 효과	고용유발 효과
전력, 가스 및 증기	0.0248	0.0067	0.0155	0.0153
수도, 폐기물처리 및 재활용서비스	0.0038	0.0021	0.0235	0.0202
건설	0.0023	0.0010	0.0149	0.0118
도소매 및 상품중개서비스	0.0795	0.0423	0.9330	0.5633
운송서비스	0.0464	0.0169	0.4210	0.2438
음식점 및 숙박서비스	0.0211	0.0072	0.2392	0.1330
정보통신 및 방송 서비스	0.0139	0.0071	0.0491	0.0444
금융 및 보험 서비스	0.0251	0.0148	0.0899	0.0854
부동산서비스	0.0156	0.0115	0.0394	0.0246
전문, 과학 및 기술 서비스	0.0491	0.0240	0.3181	0.2837
사업지원서비스	0.0238	0.0161	0.2766	0.2562
공공행정, 국방 및 사회보장	0.0011	0.0008	0.0077	0.0077
교육서비스	0.0008	0.0006	0.0095	0.0075
보건 및 사회복지 서비스	0.0023	0.0012	0.0249	0.0237
예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스	0.0050	0.0028	0.0480	0.0296
기타 서비스	0.0035	0.0016	0.0717	0.0420
기타	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000
전파응용	1.1544	0.4366	3.3400	2.9495
생산유발계수/부가가치유발계수/ 취업유발계수/고용유발계수	1.9051	0.7175	7.0511	5.7061

2. 외생화 효과

전파응용산업의 순수한 경제적 파급효과를 측정하기 위한 외생화를 전제한 분석의 결과는 <표 7>에 제시된 바와 같다. 전파응용산업의 생산유발계수는 0.6503으로 확인된다. 이는 전파응용산업의 최종수요가 1,000원 가량 유발됨을 전제로 여타 산업의 생산액이 650.3원 상승할 수 있음을 의미한다. 생산유발효과는 앞선 내생화를 전제한 <표 6>의 결과와 유사하게, 운송장비, 도소매 및 상품중개서비스, 전문, 과학 및 기술 서비스, 운송서비스 등에서 높게 나타난다. 따라서 전파응용산업의 진흥을 위한 전파의 신규 공급 및 회수·재배치 시 위와 같은 산업에 미치는 파급력이 높게 발생할 수 있음을 인지해야 할 것이다. 외생화 분석결과, 부가가치유발계수는 0.2433, 취업유발계수는 3.2148, 고용유발계수는 2.3880으로 나타난다. 이들 효과 모두 도소매 및 상품중개 서비스에서 가장 높게 관찰된다.

〈표 7〉 전파응용산업의 산업연관분석 결과: 외생화

부문	생산유발 효과	부가가치 유발효과	취업유발 효과	고용유발 효과
농림수산물	0.0033	0.0017	0.0677	0.0054
광산품	0.0010	0.0005	0.0037	0.0035
음식료품	0.0075	0.0019	0.0180	0.0143
섬유 및 가죽제품	0.0061	0.0012	0.0210	0.0157
목재 및 종이, 인쇄	0.0087	0.0028	0.0301	0.0242
석탄 및 석유제품	0.0165	0.0041	0.0013	0.0013
화학제품	0.0590	0.0161	0.0920	0.0848
비금속광물제품	0.0111	0.0034	0.0275	0.0233
1차 금속제품	0.0379	0.0071	0.0336	0.0321
금속가공제품	0.0349	0.0124	0.1148	0.0985
컴퓨터, 전자 및 광학기기	0.0179	0.0087	0.0200	0.0189
전기장비	0.0297	0.0088	0.0600	0.0547
기계 및 장비	0.0151	0.0047	0.0424	0.0377
운송장비	0.0984	0.0208	0.2453	0.2362
기타 제조업 제품	0.0021	0.0006	0.0127	0.0088
제조임가공 및 산업용 장비 수리	0.0240	0.0126	0.1881	0.1760
전력, 가스 및 증기	0.0214	0.0058	0.0134	0.0133
수도, 폐기물처리 및 재활용서비스	0.0033	0.0018	0.0204	0.0175
건설	0.0020	0.0009	0.0129	0.0102
도소매 및 상품중개서비스	0.0689	0.0367	0.8083	0.4880
운송서비스	0.0402	0.0146	0.3647	0.2112
음식점 및 숙박서비스	0.0183	0.0062	0.2073	0.1152
정보통신 및 방송 서비스	0.0121	0.0061	0.0426	0.0385
금융 및 보험 서비스	0.0217	0.0128	0.0779	0.0740
부동산서비스	0.0135	0.0099	0.0341	0.0213
전문, 과학 및 기술 서비스	0.0425	0.0208	0.2755	0.2457
사업지원서비스	0.0206	0.0140	0.2396	0.2219
공공행정, 국방 및 사회보장	0.0009	0.0007	0.0067	0.0067
교육서비스	0.0007	0.0005	0.0082	0.0065
보건 및 사회복지 서비스	0.0020	0.0011	0.0216	0.0206
예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스	0.0044	0.0024	0.0415	0.0256
기타 서비스	0.0030	0.0014	0.0621	0.0364
기타	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000
생산유발계수/부가가치유발계수/ 취업유발계수/고용유발계수	0.6503	0.2433	3.2148	2.3880

3. 공급지장효과

<표 8>은 전파응용산업의 공급지장효과를 분석한 결과를 제시한다. 공급지장계수는 1.5465로 관찰된다. 앞서 언급한 바와 같이, 공급지장효과란 전파응용산업의 산출물이 여타 산업에 제대로 공급되지 못하였을 경우 생산에 차질이 발생하는 규모를 나타낸다. 이러한 논의를 확장하면 전파응용산업의 생산이 감소됨을 전제로 국민경제 내 생산 하락 규모로 해석될 수 있다. 각 산업별 공급지장효과를 세부적으로 살펴보면, 전파응용산업을 제외하고 건설, 전문, 과학 및 기술 서비스 등이 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타난다. 가령, 전파응용산업의 생산물 1,000원 어치가 건설업에 적기에 공급되지 못하였을 경우 63.7원의 생산 차질이 발생할 수 있음을 시사한다. 이는 건설업의 중간재로 전파응용산업의 재화 및 서비스가 많이 투입되고 있음을 의미하기도 한다. 한편, 공급지장효과가 1보다 큰 값을 갖는다는 것은 전파응용산업이 여타 산업의 중간수요에 중요한 부분을 담당하고 있음을 시사한다. 외생화를 전제한 분석에서 공급지장계수는 0.3397로 나타난다. 전파응용산업의 생산액이 1,000원 가량 감소됨을 전제로 국민경제에 약 339.7원 가량의 생산이 적기에 이루어지지 않을 수 있음을 의미한다. 앞선 내생화 분석과 유사하게 건설업 등에 대한 공급지장효과가 가장 높게 관찰된다.

<표 8> 전파응용산업의 공급지장효과

부문	내생화	외생화
농림수산물	0.0029	0.0025
광산물	0.0003	0.0002
음식료품	0.0078	0.0067
섬유 및 가죽제품	0.0035	0.0030
목재 및 종이, 인쇄	0.0028	0.0024
석탄 및 석유제품	0.0042	0.0036
화학제품	0.0141	0.0122
비금속광물제품	0.0028	0.0024
1차 금속제품	0.0070	0.0061
금속가공제품	0.0074	0.0064
컴퓨터, 전자 및 광학기기	0.0093	0.0081
전기장비	0.0091	0.0078
기계 및 장비	0.0174	0.0151

부문	내생화	외생화
운송장비	0.0244	0.0211
기타 제조업 제품	0.0018	0.0016
제조임가공 및 산업용 장비 수리	0.0086	0.0075
전력, 가스 및 증기	0.0051	0.0044
수도, 폐기물처리 및 재활용서비스	0.0021	0.0018
건설	0.0637	0.0552
도소매 및 상품증개서비스	0.0350	0.0303
운송서비스	0.0109	0.0095
음식점 및 숙박서비스	0.0121	0.0105
정보통신 및 방송 서비스	0.0101	0.0087
금융 및 보험 서비스	0.0136	0.0118
부동산서비스	0.0098	0.0085
전문, 과학 및 기술 서비스	0.0552	0.0478
사업지원서비스	0.0081	0.0070
공공행정, 국방 및 사회보장	0.0079	0.0068
교육서비스	0.0098	0.0084
보건 및 사회복지 서비스	0.0123	0.0106
예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스	0.0068	0.0059
기타 서비스	0.0059	0.0051
기타	0.0007	0.0006
전파응용	1.1544	-
공급지장계수	1.5465	0.3397

4. 기존 전파응용산업과의 비교

본 연구는 기존 전파응용산업과 새롭게 정의된 전파응용산업의 경제적 파급효과를 비교한다. 기존 전파응용산업의 생산유발계수는 1.5402로 나타난다. 반면, 신규산업의 생산유발계수는 1.9051로 증가하는 것으로 관찰된다. 이는 전파응용산업의 최종수요 확대가 국민경제 내에서 생산을 유발하는 효과가 과거에 비해 증가하였음을 의미한다. 예를 들어, 전파응용산업을 진흥(즉, 최종수요의 확대)하려는 주파수 분배·할당, R&D 지출 등과 같은 정책적 노력이 국민경제에 미치는 파급효과가 상승하고 있음을 나타낸다. 따라서 전파 관리의 중요성을 확인시켜준다. 순수한 경제적 파급효과를 측정하기 위한 외생화를 전제한 분석 하에서 기존 전파응

용산업의 생산유발계수는 0.4706으로 나타난 반면, 신규 산업은 0.6503으로 상승하는 것으로 나타난다.

내생화를 전제로 기존 전파응용산업의 부가가치유발계수는 0.7095로 산출되었으며, 신규 산업은 0.7175로 소폭의 증가만이 확인된다. 이러한 결과는 5G 도입으로 인한 전파응용산업의 범위 확대가 주로 부가가치유발효과가 비교적 크지 않은 제조업 분야가 다수 포함되었기 때문으로 풀이된다. 외생화를 전제한 경우에도 기존 산업은 0.2112, 신규 산업은 0.2433으로 매우 큰 차이는 확인되지 않는다.

기존 전파응용산업의 취업유발계수는 6.3802로 나타났으며, 신규 산업은 7.0511로 소폭 확대되고 있다. 외생화를 전제한 경우 이들 효과가 증가하는 것으로 나타난다. 전파응용분야에 대한 동일한 투자지출이 이루어지더라도 5G 도입 이후에는 취업을 유발하는 효과가 증가하였음을 확인할 수 있다. 기존 전파응용산업의 고용유발계수는 5.2143인 반면, 신규 산업의 경우 5.7061로 소폭 상승하는 것으로 나타난다. 외생화를 전제한 분석에서는 고용유발계수는 기존 산업은 2.0127, 신규 산업은 2.3880으로 나타난다. 기존 전파응용산업의 공급지장효과는 1.5508, 신규의 경우 1.5465로 큰 차이를 보이지 않는다. 반면 외생화를 전제한 분석에서 기존의 공급지장효과는 0.4807, 신규의 경우 0.3397로 나타난다.

〈표 9〉 5G 도입 전·후 전파응용산업의 산업연관효과 비교

구분		기존(5G 도입 이전)		신규(5G 도입 이후)	
		내생화	외생화	내생화	외생화
수요유도형	생산유발계수	1.5402	0.4706	1.9051	0.6503
	부가가치유발계수	0.7095	0.2112	0.7175	0.2433
	취업유발계수	6.3802	2.8639	7.0511	3.2148
	고용유발계수	5.2143	2.0127	5.7061	2.3880
공급유도형	공급지장계수	1.5508	0.4807	1.5465	0.3397

V. 결론 및 시사점

본 연구는 5G 도입이 스마트 팩토리, 자율주행차, 디지털 헬스케어 등 다양한 산업으로 전파의 활용범위를 확장할 것이라는 현실에 기초하여 전파응용산업을 재

분류하고 동 산업의 경제적 파급효과를 측정하였다. 이러한 접근의 필요성은 정부의 5G+ 전략, 5G+ 스펙트럼 플랜 등에 의해서 뒷받침된다. 연구 방법론으로 산업 연관분석을 활용하며, 동 방법론은 소프트웨어, 방송 등 다양한 산업분야의 경제적 파급효과를 측정하는데 활용되고 있다.

산업연관분석을 통한 분석결과, 전파응용산업의 생산유발효과는 1.9051, 부가가치유발효과는 0.7175, 취업유발효과는 7.0511, 고용유발효과는 5.7061로 관찰된다. 한편, 생산유발효과는 과거 5G 도입 이전에 비해 상승한 것으로 나타나 전파응용산업이 국민경제에 갖는 경제적 영향력이 확대되고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 경제성을 기준으로 평가할 때, 5G를 중심으로 한 전파 관리 정책의 당위성과 중요성을 확인시켜 준다.¹⁷⁾

본 연구의 결과는 다양한 전파 정책의 기대효과를 정량화하는데 활용이 가능할 것으로 판단된다. 예를 들어, 2021년 1월 정부는 5G+ 전략 추진계획을 발표하였다. 동 계획에는 5G 융합서비스 활성화를 위한 전략의 일환으로 5G+ 이노베이션 프로젝트를 수립하고, 2021년 기준 약 1,655억 원의 예산을 배정하였다. 이러한 예산 투입에 비례하여 전파응용산업의 최종수요가 증가함을 전제할 경우 동 프로젝트는 생산유발효과는 약 3,153억 원 수준으로, 부가가치유발효과는 약 1,187억 원 수준으로 평가된다. 따라서 동 프로젝트의 경제적 파급효과는 4,340억 원 수준임을 예상할 수 있다.

또한, 본 연구의 결과는 전파의 경제성 평가에 활용이 가능할 것으로 판단된다. 물론 주파수의 분배·할당만으로 새로운 산업의 생산이 이루어지지 않으므로,¹⁸⁾ 특정 산업의 생산액 변화를 오로지 전파공급의 결과물로 보기는 어렵다. 앞서 언

17) 한편, 본 연구의 결과에 5G 서비스의 기대효과와 전파정책의 기대효과가 혼재될 가능성이 제기될 수 있다. 하지만 5G 서비스가 구현되기 위해서는 전파가 필수적으로 공급되어야 하므로 전파정책의 기대효과가 선행될 것이다. 5G+ 전략, 5G+ 스펙트럼 전략 등 전파정책의 목적이 새로운 분야(산업)에 대한 전파공급을 통해 신산업 발굴, 신규 서비스 확산을 유도하는 데 있다는 점 역시 이러한 판단을 뒷받침한다. 정리하면, 5G 서비스 역시 전파공급의 결과물이므로 전파응용산업의 경제적 파급효과의 본질은 전파정책에 있다고 볼 수 있다.

18) 현실적으로 오로지 전파공급만으로 생산액의 변화가 발생하지는 않을 것으로 판단된다. 생산액의 변화는 기술발전, 경영혁신, 비용절감 등 다양한 행태들에 기인하기 때문이다. 따라서 국민경제 전체의 경제적 파급효과 측정은 전파공급의 생산 기여도 활용을 전제로 이루어져야 할 것이다. 보다 구체적으로, (1) 전파공급에 따른 특정 산업의 생산액 변화 추정 → (2) 해당 산업의 생산유발계수 측정 → (3) 생산유발효과(경제적 파급효과) 산정의 순서로 평가될 수 있다.

급한 바와 같이 유발계수는 특정 산업(전파응용산업)의 생산액 증가가 여타 산업의 생산액을 얼마나 상승시키는지를 의미한다. 이러한 논리 하에서 만일 주파수의 공급이 전파응용산업의 생산액을 얼마나 증가시키는지(생산 기여도)¹⁹⁾에 대한 산출이 가능하다면, 이러한 산출액에 유발계수를 곱함으로써 보다 순수하게 전파정책(전파공급 등)의 파급력을 측정할 수 있을 것이다.²⁰⁾

본 연구는 5G 도입에 따른 전파응용산업의 범위와 경제적 파급효과의 변화를 측정한 초기연구로 이러한 자료접근의 제한성으로 인한 분석결과의 한계는 어느 정도 인정할 수밖에 없을 것으로 판단한다. 본 연구의 주된 분석자료는 2019년 투입산출표이다. 2019년에 5G 도입이 시작된 초기시점이라는 점에서 서비스, 가입자 등이 많지 않다. 따라서 각종 서비스들이 성숙된 시점에 기초한 5G 효과가 분석결과에 적절히 반영되지 않을 우려가 제기될 수 있다. 하지만 5G 활성화를 통한 신산업 진흥이라는 정책목표를 달성하기 위한 수단을 모색하는 정부의 입장에서 5G가 이미 시장에 정착된 이후 사후적인 경제적 파급력을 확인하는 것은 그 시기가 너무 뒤쳐질 것이다. 사전에 파급력이 높은 산업을 식별하여 적극적으로 전파를 공급하고 R&D 투자를 확대하는 것이 정책목표 달성을 위해 효율적이기 때문이다. 또한, 본 연구의 초점은 5G 도입의 효과를 파악하는 것이 아니라 5G 도입 이후 전파응용산업을 재분류하고 동 산업의 경제적 파급력을 평가하는데 있다. 따라서 5G 도입의 성숙도보다는 새로운 산업에 전파가 공급됨으로써 그 잠재가치가 어느 정도 수준인지를 파악하는 것이 보다 중요할 것으로 판단한다. 이러한 정책적 함의 도출의 시의성과 연구의 목적을 감안할 때, 2019년 자료를 활용한 분석결과의 한계점은 어느 정도 상쇄될 것으로 판단한다. 5G 확산이 성숙되어 다양한 자료의 활용이 가능하다면 보다 정교한 분석이 이루어질 것으로 기대하며, 이는 향후

19) 전파가 산업 내 생산에 기여하는 수준은 대역폭, 위치 등 다양한 요소에 의해 영향을 받을 수 있다. 따라서 이러한 특성도 고려한 분석이 이루어진다면 보다 종합적인 정책적 함의를 제공할 수 있을 것이다. 다만, 본 연구는 산업의 연계성에만 집중하므로 이러한 분석을 실시하지는 않는다. 전파의 용도별(세부 산업별) 유발계수를 각기 측정하고 비교함으로써 전파의 활용 특성을 고려한 분석이 가능할 것으로 판단한다.

20) 가령, 현행 전파법 하에서 시장 전체 예상 매출액의 1.4%, 전파 활용주체의 실제 매출액의 1.6% 가량이 전파의 생산 기여도로 해석될 수 있다. 이러한 해석을 전제로, 전파 할당이 이루어질 경우 생산액의 3%를 최종수요의 증가로 보고 이에 생산유발효과를 적용한다면 할당 결정의 경제적 기대효과를 평가할 수 있을 것이다. 물론, 이렇게 접근을 통해 평가된 경제성이 할당대가를 의미하지는 않는다. 할당대가는 전파 활용주체의 경제적 이익에 주목하기 때문이다.

연구의 과제로 남겨둔다.

본 연구의 후속으로 경제적 파급효과의 정량화 이후에는 어떤 용도로의 주파수 분배가 가장 높은 경제성을 유도해내는지를 파악하기 위한 비교연구가 필요하다. 특정 대역이 다양한 잠재 용도로 분배될 수 있음을 전제로 각 용도로의 분배에 따른 경제적 파급효과를 추정하고, 이를 상호 비교하는 체계의 마련이 요구된다. 또 다른 측면에서, 과거에 비해 전파의 경제성이 역사적으로 얼마나, 어떻게 변화하였는지를 파악하고 전파 정책과 연계해 볼 필요가 있다. 역사적인 전파의 경제성 평가는 사후적으로 전파 정책의 효율성을 검토하는데 활용이 가능할 것이다.

5G가 국가경제에서 갖는 중요도를 감안할 때, 5G 자체의 경제적 파급효과에 대한 분석도 필요하다. 본 연구의 결과가 5G 자체의 경제적 파급효과를 의미하지 않는다. 특히 단순히 산업분류 체계 확장에 따른 유발계수의 상승을 5G의 경제적 파급력으로 해석하기는 어렵다. 보다 적합한 대안으로 본 연구를 확장하여 5G의 상용화 시점(2019년)을 기준으로 이전(2018년)과 이후(2020년)의 유발계수 차이를 비교한다면 5G 기술 자체가 산업의 생산성을 얼마나 개선할 수 있는지에 대한 파악이 가능할 것이다. 이 경우 동일한 산업분류를 유지해야 할 것이다.

참고문헌

- 과학기술정보통신부 (2019). 세계 최고 5G 강국 실현을 위한 5G+ 스펙트럼 플랜, 과학기술정보통신부 보도자료.
- 과학기술정보통신부 (2019). 세계최초 ‘대한민국 5G’, 세계 1등 향해 「5G+ 전략」 발표, 과학기술정보통신부 보도자료.
- 과학기술정보통신부 · 한국정보보호산업협회 (2020). 2020 국내 정보보호산업 실태 조사.
- 관계부처 합동 (2021). 2021년도 「5G+ 전략」 추진계획(안).
- 김용규 · 김지연 (2011). 700MHz 대역 주파수의 이동통신용 분배에 따른 사회후생효과 분석. 『정보통신정책연구』, 18(2), 125-148.
- 김용규 · 김택식 (2002). 전파산업의 경제적 비중과 산업연관효과. 『정보통신정책연구』, 9(2), 198-219.

- 김은미·김상봉 (2019). 5G도입에 따른 경제적 파급효과 분석. 『신용카드리뷰』, 13(4), 23-38.
- 박추환·한성수 (2010). IT분야의 신성장동력에 대한 연구개발(R&D)투자의 경제적 파급효과 분석. 『기술혁신학회지』, 13(3), 539-568.
- 신성장정책금융센터 (2018). 혁신성장 공동기준 매뉴얼.
- 신중협 (2016). 전파기반 산업 활성화 정책의 경제적 파급효과 추정. 『산업경제연구』, 29(6), 2137-2152.
- 연권흠 (2011). 전파 이용 산업의 사회·경제적 효과 분석 - 무선통신서비스 산업을 중심으로, 방송통신전파저널 Premium report 2011.
- 유승훈·양창영 (2004). 전파방송산업의 국민경제적 역할에 대한 계량적 연구, 정보통신학술 연구과제 지정종합 03-14, 정보통신부.
- 유승훈·허재용·김기주 (2004). 투입산출표의 외생화를 이용한 전파방송산업의 산업파급효과 분석. 『산업경제연구』, 17(5), 1593-1612.
- 이원복·정우성 (2020). 4차 산업혁명에 대한 지역의 수용력 연구, 산업연구원.
- 장재혁·여재현 (2014). 광대역 이동통신 주파수 할당의 경제적 효과: 투입산출분석. 『정보통신정책연구』, 21(3), 79-107.
- 정기호 (2013). 산업연관모형을 이용한 지방정부의 산업간 연쇄효과 분석. 『지방행정연구』, 27(1), 331-350.
- 조은진·남상준·서한결 (2020). 이동통신서비스산업 경제적 파급효과 변화 분석. 『한국통신학회논문지』, 45(8), 1355-1363.
- 한국은행 (2014). 산업연관분석해설.
- 한국은행 (2019). 2015년 산업연관표.
- KT 경제경영연구소 (2018). 5G의 사회경제적 파급효과 분석.
- Accenture (2021). The impact of 5G on the United States economy.
- Aldashev, A., & Batkeyev, B. (2021). Broadband infrastructure and economic growth in rural areas, *Information Economics and Policy*. In press.
- Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., & Woessmann, L. (2011). Broadband infrastructure and economic growth. *Economic Journal*, 121(552), 505-532.
- Europe Economics (2006). Economic impact of the use of radio spectrum in the UK.
- GSMA (2018). Study on socio-economic benefits of 5G services provided in mmWave bands.
- Hazlett, T., & Munoz, R. (2004). A welfare analysis of spectrum allocation policies,

- AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies.
- Hazlett, T., & Munoz, R. (2009). A welfare analysis of spectrum allocation policies. *RAND Journal of Economics*, 40(3), 424-454.
- ITU (2018). Setting the scene for 5G: Opportunities & Challenges.
- ITU-R (2018). Emerging usage of the terrestrial component of International Mobile Telecommunication.
- Plum (2013). Valuing the use of spectrum in the EU.
- Prieger (2020). An economic analysis of 5G wireless deployment: Impact on the U.S. and local economics, App Association.
- Rohman, I. (2013). The globalization and stagnation of the ICT sectors in European countries: An input-output analysis. *Telecommunication Policy*, 37(4), 387-399.
- World Economic Forum (2020). The impact of 5G: Creating new value across industries and society.
- Xing, W., Ye, X., & Kui, L. (2011). Measuring convergence of China's ICT industry: An input-output analysis. *Telecommunication Policy*, 35(4), 301-313.
- Yang, J., Su, J., & Wei, M. (2019). The influence of spectrum resource optimization allocation on economic growth oriented to the information maturity. *IEEE Access* 7, 183729-183738.