

ICT 산업의 R&D 투자가 타 산업에 미치는 파급효과 측정¹

An Empirical Analysis on the Spillover Effects of R&D Investment in the ICT industry

정우진 (Woo-Jin Jung) 연세대학교 정보대학원 바른ICT연구소²

김현석 (Hyunsuk Kim) 연세대학교 경제학과³

조신 (Shin Cho) 연세대학교 정보대학원⁴

ABSTRACT

This paper examines spillover effects of R&D investment in the ICT industry to other industries by analyzing panel data composed of 6 manufacturing industries for the period of 1983-2011. Major findings are as follows; (1) The increase of R&D investment in ICT industry has a significantly positive relationship with the increase in the value-added of the remaining 5 industries with 3-10 year lags, depending on the source of R&D funds and R&D stage. (2) More specifically, public R&D shows the spillover effects during 3-7-year lag periods, whereas private R&D started to exert spillover effects from 9-year lag. The result implies that the public R&D appropriately targets projects with more spillover effects. (3) Basic research, applied research, and development showed the spillover effects for the period of 9-10, 7-10, and 10-year lag, respectively. (4) The R&D investment in 5 other industries such as machinery, chemicals, and materials does not have positive spillover effects to the remaining industries. Few studies have been done to analyze the R&D spillover effects to other industries, with certain limitations. This study contributes to the existing literature by analyzing the spillover effects of the different R&D funds and R&D stages, and by considering various time-lag effects.

Keywords: *ICT, Spillover effect, Externality, R&D investment, Knowledge management*

1) 논문접수일: 2018년 11월 12일; 1차 수정: 2019년 1월 6일; 2차 수정: 2019년 1월 21일; 게재확정일: 2019년 1월 25일

2) 제 1저자 (hygm2003@gmail.com)

3) 제 2저자 (hyunsk92@gmail.com)

4) 교신저자 (shincho@yonsei.ac.kr)

1. 서론

전 세계적으로 정보통신기술(Information & Communication Technology, ICT) 산업을 기반으로 한 혁신적 변화가 경제, 사회 전반에 걸쳐 일어나고 있다. ICT 산업은 경제 주체들이 급변하는 환경 변화에 대처할 수 있는 역량을 키우는 데 중요한 역할을 하고 있으며, 특히 ICT 산업에서의 R&D 투자는 생산성 증대, 성장, 고용 창출 등 국가경제 활성화에 기여한 것으로 평가받아 왔다. 최근 인공지능, 전기자동차, 사물 인터넷 등 새로운 혁신을 어떻게 주도할 것인가가 국가 및 기업 경영의 주요 이슈가 되면서, 정부 및 민간 분야에서 관련 기술 분야에 대한 대규모 투자 계획이 활발히 발표되고 있다. 특히 정부는 2016년에 있었던 이세돌-알파고 대국을 계기로 인공지능과 소프트웨어 등 ICT 산업에서의 R&D 중요성을 강조하며, 2018년 정부 R&D 투자액을 전년 대비 2,000억 원이 증가한 19.7조 원으로 확정하고 인공지능, 5세대 이동통신 등 미래 기술과 과학기술 발전의 기반이 되는 기초 연구 예산을 확대하였다.

국내 ICT 산업은 1990년대 말 외환위기와 2008년 글로벌 금융위기를 극복하고 경제 성장과 수출 증대에 크게 기여하였다. GDP 대비 ICT 산업의 생산액 비율은 1995년 10%를 넘어선 이후 꾸준히 상승하여 2010년 이후에는 30% 이상을 차지하는 주요 산업으로 발전하였다. 또한 우리나라의 ICT 산업 성장률은 2013년부터 2016년까지 거의 매년 5% 이상의 성장률을 보인 반면, 실질 경제성장률은 3% 내외에 불과해 상대적으로 ICT 산업의 성장이 두드러졌음을 알 수 있다.¹⁾

한편 R&D 투자와 관련해서는 2012년 ICT 제조업 분야에서 기업과 정부가 함께 22.4조원의 연구개발비를 지출하였고, 매출액에서 연구개발비가 차지하는 비

율은 지난 30여 년간 꾸준히 증가하여 2012년에는 6.26%에 이르고 있다. 이는 ICT를 제외한 나머지 제조업 전체 연구개발비가 약 16조원이고 매출액 대비 비중 또한 1.85%인 것에 비해 크게 높아, ICT 산업이 연구개발에 상대적으로 많은 투자를 하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 ICT 산업에서 기초연구 비중은 15.8%에 달해 다른 제조업 10.7%에 비해 상당히 높았다. 또한 특허등록 건수를 살펴보면 전체 산업에서 ICT 산업이 차지하는 비중이 1980년대 초반 20% 수준에서 최근에는 50%를 상회하는 수준을 보이고 있다(조신·김희선 2014).

앞으로도 ICT 산업과 타 산업의 융복합화는 가속화될 것이다. ICT 기반의 융합은 ICT 기술(자본재)과 제품(중간재)을 이용함으로써 다른 모든 산업의 생산성을 제고하고 품질을 향상시키는 데 기여할 것으로 기대된다. 그런데 ICT 산업과 생산성에 대한 기존 연구들은 모든 산업에서 ICT 활용이 늘어남에 따라 경제 전체의 생산성이 어떻게 변화하는가를 분석하는 데 집중되어 있다(Jorgenson and Stiroh 2000; Cheng and Nault 2007; 이기동 2001; 강두룡 2002). 즉, 이들은 ICT 산업의 R&D에 초점을 맞춘 것이 아니라 보다 포괄적으로 ICT 제품의 활용 증가가 생산성에 미치는 영향에 관심을 가진 것이다. 그리고 R&D 투자의 파급효과를 분석한 연구들 중, ICT 산업에서의 R&D가 타 산업의 생산성에 어떤 영향을 미쳤는지를 분석한 연구는 매우 소수이고(Dutta and Otsuka 2006; 김정연 등 2011), 나머지 연구들은 특정 산업의 생산성에 자기 산업의 R&D와 타 산업의 R&D가 어떤 영향을 미치는지 분석하는 데 초점을 맞추었다(Griliches and Lichtenberg 1984; Los and Verspagen 2000; 송준기 1994; 조운애 1994; 이원기·김봉기 2003).

기존 연구의 성과와 한계를 감안하여, 본 연구는 ICT

1) GDP는 한국은행 국민계정에서 수집하였고, ICT 산업 생산과 성장률 자료는 과학기술정보통신부에서 작성하는 통계로 한국정보통신진흥협회, 한국전자정보통신 산업진흥회가 조사한 결과를 정리한 자료로서 IT STAT에서 수집하였다.

산업을 중심으로 특정 산업의 R&D 투자가 그 산업 자체에 미치는 직접 효과가 아닌 여타 산업으로 파급되는 간접적 파급효과를 측정해보고자 한다. 즉, 기존 연구에서는 외부로부터 파급효과를 받는 산업이 주된 분석 대상이었는데 비해, 본 연구는 반대로 다른 산업에 파급효과를 불러일으키는 산업이 무엇인지 찾는 연구라는 점에서 기존 연구와 차이가 있다. 뿐만 아니라, 특정 분야에 대한 직접 지원보다는 연구 및 산업계 전반에 대한 범용적인 파급을 중시하는 정부 R&D 정책의 특성을 고려하여 정부재원 R&D의 파급효과를 민간재원 R&D와 구분하여 별도로 분석하였고, 또한 R&D 단계별로 파급효과를 분석함으로써 단계에 따라 파급효과가 차이가 있는지도 살펴보았다.

2. 이론적 배경

2.1 R&D 파급(spillover) 효과

전통적인 경제이론에서는 기술을 경제성장의 중요한 요인으로 간주하기는 하였으나, 일반적으로 경제 외부에서 외생적으로 주어진다고 가정하였다(Solow 1956). Schumpeter가 기술혁신에 관한 문제를 포괄적으로 논의한 이후 기술축적과 활용이 경제성장의 중요한 동인으로 다시 부각된 것은 1980년대 중반 미국에서 발전한 내생적 성장 이론(endogenous growth theory)이 기여한 바가 크다(Romer 1994). 이 이론은 지식 창출과 파급 과정에서 발생하는 외부효과(externality)가 지속적인 경제성장의 원천이라고 주장하고 있다. 외부효과란 경제주체가 자신의 활동으로 인한 결과물을 독점적으로 전유하지 못하고 제3자나 사회 전체적으로 편익이나 비용을 발생시키는 현상이다. 가령 R&D 투자로 발생하게 되는 기술적 진보와 지식은 공공재적 특성으로 인해 투자 당사자가 아닌 다른 경제 주체들에게도 확산된다. 구체적인 파급 경로는 기술이 체

화된 제품의 기업·산업·국가 간 거래, 과거부터 누적된 사회 전체의 지식수준 증가, 연구 결과물(블루 프린트, 논문 등)의 공유, 연구 개발자의 이동 등이 있다(Coe and Helpman 1995). 이처럼 R&D 결과물(기술적 진보, 지식 등)은 공유(sharing), 이전(transfer), 파급(spillover), 확산(diffusion) 등 다양한 형태로 다른 기업·산업의 경영성과에 영향을 주게 된다. 따라서 R&D 투자 효과를 분석할 때 단순히 사적 수익만이 아니라 발생하는 R&D의 흐름에 따른 간접 효과가 포함된 사회적 수익을 고려해야 한다(Mohnen 1996).

우리 연구의 분석 대상인 R&D 투자의 파급효과(technology spillover)는 체화파급(rent spillover)과 지식파급(knowledge spillover)으로 구분할 수 있으며, 이는 산업 내, 산업 간, 국가 간에 발생한다(Griliches 1979, 1992). 먼저 체화파급은 특정 산업에서 개발된 기술이 체화된 생산요소(자본재, 중간재 등)의 거래를 통해 타 산업으로 파급되어 생산성을 향상시키는 것을 의미한다. 이는 기술 개발로 인한 생산요소의 품질 향상이 해당 요소 가격에 온전히 반영되지 못하기 때문에 발생한다. 예를 들어 1900년대 후반 미국에서는 컴퓨터 산업 내 R&D 투자와 기술혁신으로 컴퓨터 성능이 획기적으로 향상되었지만 가격 경쟁이나 물가 지수의 측정 오차로 인해 컴퓨터 가격이 그만큼 상승하지 못하게 되었다. 그 결과 타 산업들은 성능이 우수한 컴퓨터를 보다 저렴하게 구입할 수 있었다. 따라서 투자 주체인 컴퓨터 산업은 R&D 활동으로 인한 이득을 전유하지 못하게 되었고, 다른 산업들은 생산성이 향상되어 이익을 보게 되었다. 한편 지식파급은 기술이 체화된 생산요소의 거래를 수반하지는 않으며, 말 그대로 R&D 활동으로 축적되는 지식이나 노하우가 타 산업으로 파급되어 생산 활동에 사용되는 현상으로, 지식이나 정보의 공공재적 특성에 기인한다. 기술 개발자(숙련직 노동)의 이직, 사업가 간의 접촉과 정보 공유, 논문 배포 등으로 인해 지식이 전이될 때 나타난다

(Griliches 1992). 그러나 R&D 파급효과를 실증적으로 분석한 대부분의 논문들은 파급효과의 경로를 명확히 구분하지는 않는다(Griliches 1992; Nadiri 1993; Monjon and Waelbroeck 2003; Wieser 2005). 생산 요소의 거래가 이루어질 때 연관 지식 역시 함께 전이 될 가능성이 있기 때문에 개념상으로도 구분할 뿐이다(Chang and Gurbaxani 2012).

R&D 파급효과에 대한 많은 기존 연구들은 R&D 투자를 하나의 생산요소로 취급하여 Cobb-Douglas 생산함수를 추정함으로써 R&D 투자가 노동생산성에 미치는 영향을 분석하였다(Clark and Griliches 1984; Mairesse and Griliches 1990; Wakelin 2001). 이들에 따르면 R&D 투자가 1% 증가하면 노동생산성이 대체로 0.2% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 한편 Griliches and Lichtenberg(1984), Los and Verspagen(2000) 등은 R&D 투자가 생산성에 미치는 효과를 자기 산업 R&D 투자와 타 산업 R&D 투자가 미치는 효과로 구분하여 추정함으로써 타 산업으로부터의 파급효과를 명시적으로 고려하였다. 이들의 연구 결과에 따르면 대체로 타 산업의 R&D가 미치는 간접적 파급효과가 자기 산업 R&D의 직접적 효과보다 더 큰 것으로 나타나, 타 산업의 R&D 활동도 생산성 향상에 상당한 기여를 한다는 사실을 보여주었다.

우리나라에서도 Cobb-Douglas 생산함수를 추정함으로써 특정 산업의 생산성에 자기 산업의 R&D와 타 산업의 R&D가 어떤 영향을 미치는지 분석한 몇몇 연구가 이루어졌다(송준기 1994; 조운애 1994; 이원기·김봉기 2003). 이 중에서 이원기·김봉기(2003)는 8개 산업의 1980~2001년 자료를 이용하여 해당 산업 내·외부의 R&D 활동이 자기 산업의 노동생산성에 미치는 효과를 추정하였다. 분석 결과에 따르면 자기 산업과 타 산업의 R&D 투자 모두 노동생산성을 증가시키며, 또한 R&D 투자를 기초, 응용, 개발연구 단계로 나누었을 때 기초연구 투자가 가장 큰 파급효과를 일으키는

것으로 나타났다.

2.2 ICT 산업과 파급(spillover) 효과 연구

우리가 ICT 산업의 경제적 파급효과에 초점을 맞추는 이유는, ICT 산업이 고부가가치 산업이며 생산 시스템이나 경제 구조 전반에 미치는 영향이 매우 클 것으로 예상되기 때문이다. ICT 산업에 대한 많은 연구는 각 산업에서 ICT 투자가 늘어남에 따라 생산성에 어떤 영향을 미치는지를 주로 분석하였다(Jorgenson and Stiroh 2000; Stiroh 2002; Wolff 2002; Cheng and Nault 2007, 2012; Chang and Gurbaxani 2012; Tambe and Hitt 2014). 미국에서 ICT 산업은 1970년대 이후 그 비중이 커져왔고, 특히 1990년대 미국 경제의 이례적인 생산성 향상과 관련하여 분석되어 왔다. 초기에는 ICT 활용 증가가 생산성 향상을 가져오지 못했다는 분석이 많았으나(생산성 역설, Productivity Paradox), 점차 미국 경제의 전반적인 생산성을 향상시키며 신경제(New Economy)를 가져왔다는 주장도 제기되었다(Oliner and Sichel 2000; Bailey and Lawrence 2001; Nordhaus 2002).

특히 Oliner and Sichel(2000)은 미국 내 비농업 부문의 산업들에 대한 성장 회계를 통해 ICT 자본량(하드웨어, 소프트웨어, 통신 장비)이 증가하면 총 산출량과 평균 노동생산성 모두 증가함을 확인하였다. 이들의 분석에 따르면 1990년대 후반 비약적인 노동생산성 증가분의 약 2/3가 ICT 자본과 반도체 산업 성장에 기인하였다. 그러나 Jorgenson and Stiroh(2000), Stiroh(2000, 2002)의 연구에서는 ICT 투자 증가가 경제 전반의 총요소생산성(TFP, Total Factor Productivity)에 미치는 영향이 미미한 것으로 나타났다. 한편 Stiroh(2002)는 1984~1999년간의 미국 제조업에 대한 성장 회계를 통해 ICT 자본량이 평균 노동생산성(Average Labor Productivity)을 유의하게 증가시켰음을 확인하였으나, 이는 ICT 자본재의 상대가격

하락에 따른 생산 요소 대체 등에 기인한 것이며 생산 함수 자체의 상향 이동(TFP 향상)은 아니었다. 따라서 Stiroh(2002)는 ICT 산업 발전으로 신경제가 도래하였다는 주장은 아직까지 근거가 미약하다고 주장하였다. 단, 당시 제조업이 ICT 자본재를 가장 집약적으로 사용하는 산업이 아니었고, ICT 자본재를 어떻게 측정할 것인지에 대한 논란, 그리고 생산성 변화까지 걸리는 시간 등을 고려하였을 때 많은 후속 연구들이 이루어져야 한다는 의견을 피력하였다. 미국 내 12개의 산업 단위로 분석을 수행한 Wolff(2002)의 연구도 ICT 자본량이 생산에 투입되는 중간재 구성이나 직업 구조는 변화시켰지만 TFP에 대한 영향은 유의미하지 않다고 결론 내렸다. 이처럼 ICT 산업 발전이 미치는 효과를 연구한 1990년대 후반과 2000년 초기 논문들은 주로 성장 회계를 통해 TFP가 향상되는지 여부에 주목하였다.

이후 연구들은 국가와 산업 단위 성장 회계를 넘어서서 다양한 방법론과 분석 단위를 활용하였다. 예컨대 Dutta and Otsuka(2006)의 연구는 ICT 산업의 R&D 투자가 가장 활발히 이루어지던 한국, 일본, 대만, 호주를 대상으로 국가별 고정효과 패널 회귀분석을 수행하였다. 이들은 통상적인 생산함수 분석에 더하여, 지식생산함수를 모형화 하여 ICT 산업과 비 ICT 산업 간에 파급효과가 있는지를 분석하였다. 지식생산함수는 지식 증가율을 과거로부터 축적되어온 지식의 양과 연구직 종사자 수 등의 함수로 설정하는 방식인데, 이 때 지식의 대리변수로 Dutta and Otsuka(2006)는 각 국가별 특허 등록 개수를 사용하였다. 파급효과의 종류에 따라 분류하자면 이 연구는 지식과급을 명시적으로 구분하여 모형화한 셈이다. 분석 결과 통상적인 생산함수에서는 효과가 나타나지 않았으나, 지식생산함수에서는 ICT 산업의 특허 등록 개수 증가가 비 ICT 산업의 특

허 등록 개수를 유의하게 증가시키는 것으로 추정되었다. 한편 체화과급의 관점에서 ICT 기술 혁신의 효과를 파악한 연구로는 Cheng and Nault(2007)가 있다. 이 연구는 미국 내 산업들을 산업연관표를 이용하여 상류(upstream)와 하류(downstream) 산업들로 구분하여 상류 산업의 ICT 관련 투자가 하류 산업의 산출량에 미치는 영향을 분석하였다. 상류 산업의 ICT 투자가 활발할수록 이들이 생산하는 중간재의 품질이 향상되는데, 위에서 언급하였듯이 중간재 가격이 그에 상응하는 만큼 상승하지 못하면 보다 저렴하게 하류산업으로 흘러 들어가게 된다. Cheng and Nault(2007)는 상류 산업의 ICT 자본량 증가와 중간재 가격의 평가 절하, 하류 산업의 생산물 증가 간의 양의 관계가 있음을 실증적으로 밝힘으로써 체화과급 효과를 입증하였다. 한편 그들의 후속 연구 Cheng and Nault(2012)에서는 반대로 하류 산업의 ICT 투자가 상류 산업의 산출량을 증가시킨다는 것을 보였는데, 이는 생산부터 유통에 이르는 과정까지 정보 공유 시스템을 확충하는 데 ICT 기술이 활용되기 때문이라고 주장하였다.

우리나라에서 각 산업의 R&D 투자가 해당 산업의 부가가치와 TFP에 미치는 영향을 분석한 연구는 별로 없다(윤충한·장화탁 2000; 조신·김희선 2014). 윤충한·장화탁(2000)에 따르면 ICT 산업에서 R&D 투자가 ICT 산업 부가가치와 TFP에 미치는 영향이 비 ICT 산업에서의 R&D 투자가 미치는 영향보다 더 큰 것으로 나타났다.² 반면에 조신·김희선(2014)이 1981~2011년 자료를 활용하여 분석한 결과에 따르면, ICT 산업 R&D 투자가 ICT 산업 자체의 부가가치나 총요소생산성 증가에 기여하지 못하였고, 정부의 연구개발 투자 또한 총요소생산성에 긍정적인 기여를 하지 못한 것으로 나타났다. 한편 김정언 등(2011)의 연구에서는 2000-

2) 윤충한·장화탁(2000)의 연구는 계량분석에서 많은 한계를 보이고 있다. 예컨대 총요소생산성의 변화율을 설명하는 회귀분석에서 R&D 집약도만을 유일한 설명변수로 사용하고 있고 패널 데이터를 사용한 회귀분석에서 Fixed Effect Model과 Random Effect Model의 결과를 자의적으로 번갈아 제시하고 있다. 그리고 총요소생산성 변화율을 설명하는 회귀분석에서 모델 적합도가 매우 낮았으며 주요 변수의 계수가 통계적으로 무의미한 경우도 많다.

2009년까지 10년간의 자료와 25개 제조업 및 서비스 산업에 대한 분석 결과, ICT 산업의 R&D 투자가 타 산업의 생산성을 향상시키는 파급효과가 있는 것으로 나타났고, ICT 생산 산업과 ICT 집약 산업의 경우에는 그 효과가 더 큰 것으로 분석되었다. 이 연구 결과들을 종합하면, ICT 산업의 R&D가 ICT 산업 자체의 생산성 향상에 기여한 증거는 분명하지 않으나, 타 산업의 생산성을 향상시키는 파급효과는 큰 것으로 볼 수 있다.

R&D 활동의 파급효과에 대한 기존 연구들이 김정언 등(2011)을 제외하고는 주로 특정 산업의 생산성에 자기 산업과 타 산업의 R&D가 미치는 파급효과를 고려하였다면, 본 연구는 반대로 다른 산업에 파급효과를 불러일으키는 산업이 무엇인지를 찾는 연구라는 측면에서 차별성이 있다. 또한 기존 연구들이 ICT 산업에만 한정되거나(김정언 등 2011), 짧은 시계열 자료로 분석의 한계가 있었는데 비해(윤충한·장화탁 2000; 김정언 등 2011), 본 연구는 1983년부터 2011년까지 29년에 걸쳐 모든 제조업 분야를 포괄하는 장기 패널 데이터를 활용함으로써 연구결과의 신뢰성을 높이고자 하였다. 특히 이처럼 장기간에 걸쳐 데이터가 존재한다는 이점을 활용하여 파급효과를 분석함에 있어서 3년부터 10년까지 다양한 시차를 고려하였다. R&D는 그 특성 상 연구 및 개발 단계를 거쳐서 실제로 산업 현장에서 효과를 나타내려면 많은 기간이 필요하다. 더구나 타 산업에까지 R&D가 영향을 미치는 데는 더 많은 기간이 필요하기 때문에 실증분석에서도 이 같은 시차를 감안하는 것이 바람직하다. 그럼에도 불구하고, 본 연구와 유사한 김정언 등(2011)의 연구는 이 같은 시차를 고려하지 않은 한계를 가지고 있다. 또한 본 연구는 ICT 산업만이 아니라 6개 산업 R&D 투자가 타 산업에 미치는 파급효과를 비교 분석하였으며, R&D 재원별, R&D 단계별로 세분화하여 분석함으로써 심도 있고 다양한 시사점을 도출하고자 하였다.

3. 데이터 및 모형

이 연구에서는 ICT 분야에서 본격적으로 R&D 투자가 이루어지기 시작한 1983년부터 2011년까지 총 29년 기간에 대해서 모든 제조업의 관련 자료를 수집하여 활용하였다. 제조업을 6개 산업(ICT, 기계, 화학, 재료, 섬유, 기타)으로 나누어 자료를 구성하였기에 데이터는 174개 관측치로 구성된 패널 데이터이다. 여기에서 ICT 산업은 제8차 한국표준산업 분류 기준에 따른 사무용 기기 및 컴퓨터, 전기기계, 절연선, 전자관, 통신장비, 라디오 및 TV 산업을 포함한다. 그리고 ICT 산업을 제외한 나머지 5개 산업은 일반적인 산업 분류를 적용하였다. 본 연구는 이 자료를 활용한 패널 분석을 통해 특정 산업의 연구개발비 투자가 나머지 모든 산업의 부가가치에 미치는 파급효과를 분석하였다. ICT 산업을 예로 들면, ICT 산업의 R&D 투자액을 다른 모든 산업별 생산함수의 설명변수로 추가하여 회귀분석을 시행하였을 때, 부가가치를 통계적으로 유의미하게 증가시켰는지 본 것이다. 이러한 분석을 기계, 화학, 재료, 섬유 및 기타 산업의 R&D 투자액에 대해서도 수행하였다. 즉, ICT 산업만이 아니라 다른 산업들도 여타 산업들에게 R&D 파급효과가 있을 수 있다는 가능성을 열어두고, 파급효과를 불러일으키는 산업을 찾고자 하였다.

대부분의 선행연구와 마찬가지로 연구개발 투자가 부가가치에 미치는 영향을 추정하는 회귀분석식은 Cobb-Douglas 생산함수로부터 도출하였다. 부가가치액은 자본, 노동 및 기술 투입액에 의해 결정되므로 우리가 추정하고자 하는 산업별 회귀분석식은 다음의 과정을 통해 도출된다.

$$\text{Cobb Douglas 생산함수: } Y_t = K_t^\alpha \cdot L_t^\beta \cdot A_t \quad (1)$$

이 생산함수에 자연로그를 취하면 다음과 같다.

$$\ln Y_t = \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t + \ln A_t \quad (2)$$

식(2)에서 종속변수 Y_t 는 해당 산업의 부가가치액, 독립변수 K_t 는 자본스톡, L_t 는 총노동투입량, A_t 는 총요소생산성(TFP)을 뜻하며, 아래 첨자 t 는 연도를 지칭한다. 이제 이 생산함수의 TFP인 A_t 를 다음과 같이 바꿀 수 있다.

$$\ln A_t = \ln R_t + \ln S_t^j \quad (3)$$

식(3)에서 R_t 는 자기 산업의 t 기 R&D 투자액, S_t^j 는 타 산업 j 의 t 기 R&D 투자액을 의미하는데, 자기 산업의 생산성에 자기 산업의 R&D와 타 산업의 R&D 투자가 모두 영향을 미친다는 것을 의미한다. 식 (3)을 식(2)에 대입하면 최종 회귀분석식 (4)가 도출된다.

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln K_t + \beta_2 \ln L_t + \beta_3 \ln R_t + \beta_4 \ln S_t^j + \varepsilon_t \quad (4)$$

여기서 주의할 점은 본 연구의 분석 대상은 자기 산업(i)이 아니라 산업 j라는 사실이다. 예컨대 j를 ICT 산업이라고 한다면 S_t^j 는 ICT 산업의 R&D 투자액을 의미하며, 나머지 5개 산업의 관측치 145개를 활용하여 식 (4)의 모형에 대해서 회귀분석을 행한다. 이때 S_t^j 의 계수는 ICT 산업 R&D가 다른 모든 산업의 생산성에 미치는 파급효과의 크기를 나타낸다. 같은 방식으로

식 (4)의 S_t^j 에 기계, 화학 등 다른 5개 산업의 R&D 투자액을 각각 대입하여 회귀분석을 행하면 해당 산업이 다른 모든 산업에 미치는 파급효과의 크기를 측정할 수 있다.

R&D 활동이 결과물로 도출되고 이것이 다른 산업으로 파급되려면 일정한 시간이 필요하기 때문에 이 논문에서는 3년 이상의 시차를 두고 패널 분석을 실시하였다.³ 그리고 패널 분석을 위한 모형 선택은 각 분석마다 LM 테스트와 하우스만 테스트(Hausman test) 결과를 기준으로 고정효과모형(fixed effect model)와 임의효과모형(random effect model) 중 선택하여 제시하였다.

본 연구에 활용된 변수의 정의 및 측정 방법은 <표 1>과 같다. 구체적으로, 한국생산성 본부에서는 자본스톡, 노동시간, 부가가치를 수집하였으며, 본 연구의 주요 변수인 R&D 투자 비용은 미래창조과학부, 교육과학기술부, 정보통신부, 지식경제부, 방송통신위원회 등을 통해 수집하였다. R&D 투자액의 경우는 재원별로 공공 R&D 투자와 민간 R&D 투자로 구분하였고, R&D 단계별로는 기초 연구, 응용 연구, 개발로 구분하여 분석에 활용하였다.

<표 1> 데이터의 정의 및 측정

변수명	정의 및 측정	자료
V	부가가치(t) = 총산출액 - 에너지투입액 - 원재료투입액 - 서비스투입액	한국생산성본부 DB (1983~2011)
K	자본 스톡(t), 감가 상각률 10% 적용	
L	노동 시간(t)	미래창조과학부, 교육과학기술부, 정보통신부, 지식경제부, 방송통신위원회 DB (1983~2012)
R	총 R&D 투자 비용(t)	
GOV	공공 R&D 투자 비용(t)	
FIRM	민간 R&D 투자 비용(t)	
BASIC	기초 연구 투자 비용(t)	
APP	응용 연구 투자 비용(t)	
DEV	개발 투자 비용(t)	

주: 부가가치, 자본, 산출액, 연구개발비는 모두 2000년 기준 실질 금액을 사용하였음.

3) 2015년 국가과학기술심의회위원회의 국가R&D사업 조사분석 보고서에 따르면 2015년 국가R&D사업의 총 54243개의 세부과제를 대상으로 조사한 결과 평균 총 R&D시간은 평균 2.8년으로 나타남.

<표 2> 기술통계와 상관분석

구분	V (십억)	K (십억)	L (백만)	R (십억)	GOV (십억)	FIRM (십억)	BASIC (십억)	APP (십억)	DEV (십억)
평균	22,600	53,300	1,880	1,650	124	1,530	184	285	1,140
표준편차	22,600	39,800	664	3,130	231	2,920	451	466	2,140
최소값	1,960	8,380	721	21	0	21	2	5	14
최대값	155,000	206,000	4150	19,600	1,100	18,500	3,110	3,020	12,800
V	1								
K	0.8878 ***	1							
L	0.0912	0.1332 *	1						
R	0.9472 ***	0.8020 ***	0.1370 *	1					
GOV	0.8612 ***	0.7723 ***	0.1590 **	0.9319 ***	1				
FIRM	0.9485 ***	0.7997 ***	0.1345 *	0.9996 ***	0.9211 ***	1			
BASIC	0.9414 ***	0.7475 ***	0.0809	0.9684 ***	0.8423 ***	0.9728 ***	1		
APP	0.9198 ***	0.7966 ***	0.1028	0.9678 ***	0.9059 ***	0.9671 ***	0.9298 ***	1	
DEV	0.9404 ***	0.8112 ***	0.1613 **	0.9968 ***	0.9369 ***	0.9958 ***	0.9535 ***	0.9533 ***	1

* ** ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함

<표 2>는 각 변수의 기술통계량 및 변수간의 상관계수를 제시하고 있다. 각 변수들의 평균을 간략하게 설명하면, 분석 대상 6개 산업의 평균 부가가치는 약 23조 원이고, 자본스톡은 약 53조 원, 노동투입량은 약 18억 시간이다. 한편 상관관계 분석에서는 몇몇 변수들 간의 상관관계수가 높게 나타나 다중공선성이 의심된다. 따라서 회귀분석에 앞서 VIF(Variation Inflation Factor) 값을 검증하여 그 값이 10 이상으로 나올 경우 해당 변수 중 하나 또는 둘을 회귀식에서 제외하고 추정하였다. 즉, 자원별 파급효과 분석 시 VIF 값이 10 이상 나올 경우 공공 R&D와 민간 R&D 변수 중 하나만을 설명변수로 포함하여 두 번의 회귀분석을 행하였다. 마찬가지로, 단계별 파급효과 분석 시 VIF 값이 10 이상 나올 경우 기초연구, 응용연구, 개발단계로 분리하여 독립적으로 측정하였다. 다중공선성에 대한 해결책으

로 문제가 되는 변수를 제외하고 회귀식을 추정하는 것은 흔히 사용되는 방법이다(Kennedy 2002; Gujarati and Porter 2009). 물론 특정 변수를 제외한다는 것은 분명한 손실이지만, 그렇게 함으로써 나머지 설명변수들과 종속변수 간의 관계에 대한 추가적인 정보를 얻을 수 있기 때문이다.

4. 분석 결과

<표 1>에 정의된 R&D 데이터를 식(4)의 회귀 모형에 적용하여 기타 산업을 제외한 5개 산업의 R&D 투자가 각각 다른 산업의 부가가치에 미치는 파급효과를 측정하였다. 모든 변수들은 log로 변환이 되어있기 때문에, 계수들은 탄력성으로 해석할 수 있다. 즉, 당초 변

수의 절대량에 관계없이 해당 산업의 R&D가 100% 변할 때, 여타 산업의 부가가치 총계는 몇 % 변하는지를 측정한 결과가 <표 3>부터 <표 10>에 나타나 있는 각 산업별 변수의 계수의 크기라 할 수 있다. 한편 파급효과 계수의 방향이 음수인 경우 그 크기에 상관없이 영향력은 0보다 작기 때문에 파급효과는 없다고 할 수 있다.

산업별 R&D 파급효과에 대한 결과에서 기본 통제 변수인 자본량(K), 노동시간(L)과 자기 산업 R&D 비용(R)은 기존 연구결과와 동일하게 모두 통계적으로 유의미하였다. 그리고 모형의 유의성을 나타내는 F값도 고정효과모형에서는 261.28~455.95, 임의효과모형에서는 945.51~1528.74로 나타나 모든 회귀분석 모형이 1% 수준에서 통계적으로 유의미하였다. 데이터에 대한 적합

도를 나타내는 R^2 도 0.815~0.945로 매우 높게 나타났다. 아래 <표 3>에서 <표 10>까지의 각 셀은 하나의 회귀분석을 행한 결과로서, 그중에서 통제 변수(K, L, R)는 제외하고 우리의 관심사인 파급효과 변수(S)의 계수 추정 값과 표준 오차(괄호 안)만을 3년 시차에서 10년 시차까지 제시한 것이다. 예컨대 <표 3>의 마지막 행은 3년 전에 행해진 ICT 산업의 R&D 투자가 다른 5개 산업의 부가가치에 어떤 파급효과를 미쳤는지를 패널 분석한 결과이다. 이를 보면, ICT 산업의 공공 R&D 투자가 다른 산업 전체의 부가가치 증대에 미친 효과는 10% 유의 수준에서 유의미하며, 그에 비해 ICT 산업의 전체 R&D, 민간 자원 R&D, 단계별 R&D 투자는 다른 산업에 유의미한 파급효과를 미치지 못했음을 알 수 있다.

<표 3> 자원 및 단계별 R&D 투자 Spillover 효과 분석 결과 _ 3시차

산업 구분	전체	공공	민간	기초	응용	개발
섬유산업	-0.209*** (0.062)	-0.012** (0.005)	-0.170*** (0.061)	0.073 (0.077)	0.031 (0.096)	-0.171 (0.105)
화학산업	-0.419*** (0.048)	-0.069*** (0.017)	-0.438*** (0.049)	-0.233*** (0.047)	-0.346*** (0.048)	-0.373*** (0.045)
재료산업	-0.259*** (0.045)	-0.051*** (0.016)	-0.169*** (0.049)	-0.203*** (0.039)	-0.247*** (0.045)	-0.231*** (0.043)
기계산업	-0.254*** (0.033)	-0.078*** (0.015)	-0.257*** (0.034)	-0.076*** (0.021)	-0.126*** (0.028)	-0.255*** (0.034)
ICT산업	-0.007 (0.046)	0.051* (0.030)	-0.018 (0.046)	0.025 (0.029)	-0.027 (0.040)	-0.023 (0.042)

*** ** *는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함

<표 4> 자원 및 단계별 R&D 투자 Spillover 효과 분석 결과 _ 4시차

산업 구분	전체	공공	민간	기초	응용	개발
섬유산업	-0.224*** (0.057)	-0.011** (0.005)	-0.180*** (0.056)	0.073 (0.077)	0.031 (0.096)	-0.171 (0.105)
화학산업	-0.349*** (0.047)	-0.072*** (0.016)	-0.353*** (0.048)	-0.179*** (0.045)	-0.232*** (0.046)	-0.301*** (0.044)
재료산업	-0.224*** (0.043)	-0.043*** (0.016)	-0.144*** (0.049)	-0.162*** (0.040)	-0.167*** (0.044)	-0.176*** (0.041)
기계산업	-0.233*** (0.033)	-0.068*** (0.014)	-0.234*** (0.034)	-0.059*** (0.020)	-0.094*** (0.026)	-0.205*** (0.032)
ICT산업	0.010 (0.044)	0.057* (0.031)	-0.002 (0.044)	0.008 (0.032)	-0.001 (0.037)	-0.004 (0.041)

*** ** *는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함

<표 5> 자원 및 단계별 R&D 투자 Spillover 효과 분석 결과 _ 5시차

산업 구분	전체	공공	민간	기초	응용	개발
섬유산업	-0.205*** (0.051)	-0.006 (0.005)	-0.173*** (0.052)	0.073 (0.077)	0.031 (0.096)	-0.171 (0.105)
화학산업	-0.284*** (0.046)	-0.062*** (0.016)	-0.228*** (0.047)	-0.163*** (0.043)	-0.179*** (0.044)	-0.201*** (0.043)
재료산업	-0.116*** (0.040)	-0.033** (0.016)	-0.056 (0.048)	-0.131*** (0.037)	-0.134*** (0.042)	-0.097*** (0.037)
기계산업	-0.193*** (0.032)	-0.069*** (0.015)	-0.191*** (0.033)	-0.045** (0.019)	-0.069*** (0.025)	-0.203*** (0.032)
ICT산업	0.026 (0.042)	0.061** (0.029)	0.017 (0.042)	0.018 (0.029)	0.028 (0.036)	0.006 (0.039)

* ** ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함

<표 6> 자원 및 단계별 R&D 투자 Spillover 효과 분석 결과 _ 6시차

산업 구분	전체	공공	민간	기초	응용	개발
섬유산업	-0.170*** (0.048)	-0.005 (0.004)	-0.146*** (0.048)	0.073 (0.077)	0.031 (0.096)	-0.171 (0.105)
화학산업	-0.169*** (0.045)	-0.055*** (0.015)	-0.164*** (0.046)	-0.120*** (0.042)	-0.145*** (0.044)	-0.140*** (0.042)
재료산업	-0.088** (0.038)	-0.027* (0.015)	-0.037 (0.046)	-0.082** (0.036)	-0.104** (0.041)	-0.076** (0.036)
기계산업	-0.143*** (0.032)	-0.063*** (0.015)	-0.138*** (0.032)	-0.036** (0.018)	-0.057** (0.024)	-0.140*** (0.031)
ICT산업	0.053 (0.043)	0.063** (0.030)	0.022 (0.050)	0.016 (0.032)	0.039 (0.036)	0.032 (0.041)

* ** ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함

<표 7> 자원 및 단계별 R&D 투자 Spillover 효과 분석 결과 _ 7시차

산업 구분	전체	공공	민간	기초	응용	개발
섬유산업	-0.115** (0.044)	-0.004 (0.004)	-0.097** (0.045)	0.073 (0.077)	0.031 (0.096)	-0.171 (0.105)
화학산업	-0.119*** (0.043)	-0.032** (0.014)	-0.122*** (0.044)	-0.062 (0.039)	-0.097** (0.041)	-0.113*** (0.040)
재료산업	-0.059* (0.035)	-0.022 (0.014)	-0.017 (0.043)	-0.057* (0.034)	-0.065* (0.038)	-0.053 (0.033)
기계산업	-0.105*** (0.030)	-0.048*** (0.014)	-0.099*** (0.030)	-0.016 (0.016)	-0.041* (0.022)	-0.117*** (0.031)
ICT산업	0.058 (0.042)	0.053* (0.031)	0.053 (0.041)	0.017 (0.032)	0.052* (0.031)	0.012 (0.050)

* ** ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함

<표 8> 자원 및 단계별 R&D 투자 Spillover 효과 분석 결과 _ 8시차

산업 구분	전체	공공	민간	기초	응용	개발
섬유산업	-0.057 (0.042)	-0.001 (0.004)	-0.051 (0.042)	0.073 (0.077)	0.031 (0.096)	-0.171 (0.105)
화학산업	-0.082** (0.040)	-0.021 (0.014)	-0.086** (0.041)	-0.038 (0.037)	-0.065* (0.039)	-0.082** (0.037)
재료산업	-0.052 (0.033)	-0.010 (0.014)	-0.032 (0.041)	-0.051 (0.032)	-0.055 (0.036)	-0.047 (0.031)
기계산업	-0.071** (0.028)	-0.044*** (0.013)	-0.065** (0.028)	-0.017 (0.016)	-0.034 (0.021)	-0.065** (0.029)
ICT산업	0.0516 (0.042)	0.041 (0.030)	0.050 (0.042)	0.036 (0.030)	0.048* (0.029)	0.035 (0.042)

*** **는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함

<표 9> 자원 및 단계별 R&D 투자 Spillover 효과 분석 결과 _ 9시차

산업 구분	전체	공공	민간	기초	응용	개발
섬유산업	-0.023 (0.042)	-0.001 (0.004)	-0.020 0.043	0.073 (0.077)	0.031 (0.096)	-0.171 (0.105)
화학산업	-0.052 (0.038)	-0.012 (0.019)	-0.028 (0.056)	-0.033 (0.035)	-0.022 (0.034)	-0.057 (0.036)
재료산업	-0.017 (0.030)	-0.001 (0.013)	-0.014 (0.039)	-0.007 (0.029)	-0.006 (0.032)	-0.019 (0.028)
기계산업	-0.051* (0.027)	-0.039*** (0.013)	-0.045* (0.027)	-0.007 (0.014)	-0.020 (0.020)	-0.044 (0.027)
ICT산업	0.065* (0.039)	0.042 (0.031)	0.065* (0.039)	0.048* (0.028)	0.066** (0.026)	0.045 (0.041)

*** **는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함

<표 10> 자원 및 단계별 R&D 투자 Spillover 효과 분석 결과 _ 10시차

산업 구분	전체	공공	민간	기초	응용	개발
섬유산업	0.020 (0.039)	0.001 (0.004)	0.017 (0.041)	0.073 (0.077)	0.031 (0.096)	-0.171 (0.105)
화학산업	-0.029 (0.036)	-0.010 (0.019)	-0.008 (0.056)	-0.031 (0.033)	-0.097 (0.033)	-0.035 (0.034)
재료산업	0.001 (0.029)	0.002 (0.012)	-0.002 (0.036)	-0.001 (0.027)	0.006 (0.031)	0.001 (0.027)
기계산업	-0.029 (0.025)	-0.020 (0.012)	-0.026 (0.025)	-0.001 (0.014)	-0.012 (0.020)	-0.023 (0.024)
ICT산업	0.081** (0.039)	0.048 (0.033)	0.080** (0.038)	0.047* (0.027)	0.073** (0.029)	0.069* (0.039)

*** **는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함

먼저 6개 산업을 비교해 보면, 섬유, 화학 재료, 기계 산업의 R&D가 여타 산업의 부가가치에 미치는 파급효과는 나타나지 않았고, 단지 ICT 산업의 R&D만 시차, 자원, R&D 단계에 따라 차이가 있지만 일정한 정도 타 산업에 파급효과를 미치고 있는 것으로 나타났다. 예컨대 ICT 산업의 전체 R&D 파급효과는 <표 9>, <표 10>에서 보듯이 9시차에는 10% 수준에서 유의하였는데 10시차에서는 5% 수준에서 유의하였고, 탄력성은 각각 0.065와 0.081로 10년 시차에서 다소 증가하였다. 이것은 ICT 산업의 전체 R&D가 100% 증가할 때, 여타 제조업의 전체 부가가치에 약 6.5~8%만큼 긍정적 파급효과가 있다는 것을 의미한다.

자원별로 볼 때, ICT 산업의 공공 R&D와 민간 R&D의 파급효과는 시차 측면에서 성차가 확연하게 구분되어 나타났다. 공공 R&D 파급효과는 <표 3>부터 <표 7>에서 보듯이 3~7시차에서 10% 또는 5% 수준에서 유의하였고, 탄력성은 각각 0.051, 0.057, 0.063, 0.053 등으로 나타났다. 반면, 민간 R&D의 파급효과는 <표 9>, <표 10>과 같이 9시차, 10시차에서 통계적으로 유의하였고, 탄력성은 각각 0.065와 0.080으로 나타났다. 이처럼 파급 시차가 차이가 나는 것은 두 R&D의 목표와 자원의 차이를 감안하면 당연한 결과이다. 즉, 정부가 지원하는 공공 R&D는 상대적으로 파급력이 큰 영역에 주력하고 연구 결과도 대체로 공개하기 때문에 파급효과가 빨리 나타나는 반면, 민간 R&D는 개별 기업이 필요로 하는 연구를 수행하고 그 결과물이 시장을 통해서 천천히 파급되기 때문으로 해석된다. 한편 파급의 영향력 면에서는 공공 R&D가 민간 R&D 투자보다 다소 낮게 나타났다. 한편, 민간 R&D의 파급효과는 전체 R&D 파급효과와 거의 똑같은 양상을 보이고 있어, 전체 R&D 파급효과가 민간 R&D에 의해서 주도되고 있다는 것을 알 수 있는데, 이는 민간부문 R&D 투자 비중이 90% 내외로 압도적으로 크기 때문으로 판단된다.

단계별 R&D의 경우 역시 ICT 산업에서 기초, 응용,

개발 R&D의 파급효과가 시차적으로 구분되어 나타났다. 우선 응용연구의 파급효과는 <표 7>~<표 10>과 같이 7~10 시차에서 유의하였고, 탄력성은 각각 0.052, 0.048, 0.066, 0.073로 나타났다. 그에 비해 기초연구의 파급효과는 <표 9>, <표 10>과 같이 9, 10시차에서 10% 수준으로 유의하였다. 마지막으로 개발 단계 지출의 파급효과는 <표 10>에서 보듯이 10시차에서 10% 수준으로 유의하였다. 종합하면, ICT 산업에서의 R&D 단계별 파급효과는 응용연구, 기초연구, 개발 순서로 빠르고 파급효과 크기 측면에서는 응용연구, 개발, 기초연구 순으로 크다는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 시사점

본 연구는 한국의 R&D 투자가 본격적으로 시작된 1983년에서 최근 2011년까지 29년간 장기적으로 R&D 투자의 파급효과를 산업 단위 수준에서 측정하였다. 산업별 R&D 투자에 대한 파급효과를 좀 더 명확하게 측정하기 위해 3년 이상의 시차를 두고 측정하였으며, 추가적으로 R&D 자원(공공, 민간), R&D 단계(기초 연구, 응용 연구, 개발)에 따라 파급효과가 어떻게 다르게 나타나는지도 살펴보았다.

분석 결과, 한 산업의 R&D가 타 산업의 생산성에 긍정적 영향을 미치는 파급효과는 ICT 산업에서만 나타났다으며, 다른 제조업 분야에서의 R&D 투자가 여타 산업에 미치는 파급효과는 없는 것으로 나타났다. 이것은 ICT의 파급효과로 인해 미국의 신경제 도래에 기여했다는 Oliner and Sichel(2000), Nordhaus(2002), Bailey and Lawrence(2001) 등의 주장과 맥을 같이 한다. 즉, ICT 강국인 한국에서 파급효과가 ICT 산업에만 국한되어 나타난다는 점에서 파급효과는 ICT의 중요한 특성으로 볼 수 있을 것이다. 또한 한국 경제성장의 원천이 ICT 산업의 R&D투자를 통한 지식 창출

과 파급 과정에서 나타나는 외부효과(externality)에 있다는 것을 알 수 있다. 다시 말해, 한국의 ICT 산업의 R&D 투자 효과는 단순히 직접적인 사적 수익만이 아니라 간접적인 사회적 수익을 포함하고 있다는 것을 보여주었다.

ICT 산업의 자원별 R&D 파급효과에 대한 분석 결과는 공공 R&D가 민간 R&D 투자보다 시간적으로는 효과적이지만 파급의 영향력은 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 우리나라에서 공공 R&D의 성과가 미흡하다는 지적이 계속해서 제기되어 왔지만, 파급효과 관점에서 시간적인 측면을 고려한다면 공공 R&D가 긍정적으로 기여하는 측면이 있다고 하겠다. R&D 외부효과는 공공재적 특성이 클수록 확산 속도가 빠르기 때문에, 공공 R&D가 민간 R&D보다 파급 속도가 빠를 수밖에 없다. 반대로 사적 이윤추구가 목적인 민간 R&D는 결과물 공유가 경쟁에서 불리한 결과를 초래할 수 있기 때문에 외부와의 이전, 공유, 파급, 확산 등을 꺼리는 것이 당연하다. 결국, 공공 R&D의 주된 기능이 시장 실패를 보완하고 민간 R&D를 유도하고 촉진하는 것으로, 공공 R&D 투자의 직접적인 효과가 미흡할지라도 간접적인 효과 측면에서 R&D 투자 성과를 촉진하는데 기여한다는 것을 알 수 있다. 따라서 파급효과 측면에서 볼 때, ICT 산업 R&D 투자에서 빠른 성과를 기대한다면 공공 R&D 투자가 효과적이고, 높은 투자성과를 기대한다면 민간 R&D 투자가 적절할 것으로 판단된다.

ICT 산업의 단계별 R&D 파급효과에 대한 분석 결과는 시간적 측면과 파급의 영향력 측면에서 모두 응용연구가 효과적인 것으로 나타났다. 우리나라 국가연구개발사업에서 정의한 응용연구는 “기초연구의 결과 얻어진 지식을 이용하여, 주로 실용적인 목적과 목표하에 새로운 과학적 지식을 획득하기 위한 독창적인 연구”이다. 따라서, 응용연구의 결과물은 기초연구 결과물을 활용 또는 체화한 결과물로 보고 있다. 한편 Griliches(1992)에 따르면 지식파급은 체화파급보다 공

공재적 특성을 지니므로 상대적으로 파급 속도가 빠르다. 기초연구가 체화파급보다는 지식파급의 경로를 주로 택한다는 점을 감안하면, 파급 속도가 응용 및 개발 연구보다 빠를 가능성이 크다. 그러나 기초연구가 응용 연구에 비해 연구기간이 더 길다는 측면도 고려해야 할 것이다. 본 연구는 ICT 산업에서 기초연구가 긴 연구기간 때문이건 낮은 효율성 때문이건 응용연구에 비해 파급 속도가 더 느리다는 점을 보여주었고, 그만큼 ICT 산업에서의 R&D 투자는 파급효과 측면에서 응용연구에 집중하는 것이 더 효과적이라고 판단된다. 한편 개발 분야의 R&D는 제품 개발이 가장 중요한 목적이기 때문에 파급효과의 속도나 크기가 늦은 것이 당연하다.

본 연구는 ICT 산업의 R&D 투자의 파급효과가 여타 산업과는 다른 특성을 가지고 있음을 보였다. 특히 ICT 산업에서 R&D 투자가 파급효과 측면에서 응용 연구가 가장 효과적인 이유는 ICT, 기계, 화학, 재료, 섬유 중 ICT 산업이 융합산업이기 때문으로 풀이된다. 또한 본 연구는 자원별, 단계별 R&D 투자의 파급효과를 시간적 측면과 영향력 측면으로 나누어 고려함으로써, ICT 산업에 대한 R&D 투자정책을 전략적으로 수행하는데 시사점을 제공하였다. 미국이 ICT 발전으로 경제의 전반적인 생산성을 향상시키며 신경제(New Economy)를 가져왔듯이, 우리나라도 ICT 산업에서 R&D 투자의 파급 속도와 영향력을 고려하여 전략적으로 대응함으로써 경제발전을 촉진할 수 있을 것으로 기대한다. 학술적인 측면에서, 본 연구는 ICT 생산성 역설 관련 논의에서 ICT 산업 R&D 투자의 간접 효과가 강력함을 보여줌으로써 기존의 직접 효과에 국한되어 왔던 연구들(Jorgenson and Stiroh 2000; Stiroh 2002; Wolff 2002; Cheng and Nault 2007, 2012)의 한계를 극복하는데 기여하였다.

본 연구의 첫번째 한계점으로 2012년 이후 최근 데이터를 반영하지 못한 점을 들 수 있다. 또한 데이터의 한계로 인하여 본 연구에서는 각 시기별, 기술별 기술진

화의 속도가 다를 수 있다는 점을 고려하지 못했다. 추후 연구에서는 기술개발 주기 등과 같은 통제 요인을 추가하여 최근 데이터가 포함된 분석이 이루어질 필요가 있다. 또한 본 연구에서 활용한 Cobb-Douglas 생산함수는 비교적 오랜 기간 확립된 모형이긴 하지만, 통제변수를 추가하거나 다른 회귀모형을 함께 고려함으로써 분석결과의 강건성(robustness)을 검증하지 못한 한계가 있다. R&D 투자의 경제적 효과 분석은 데이터 및 분석 방법론의 한계 등으로 다양한 실증 연구가 진행되어 왔음에도 불구하고 논란이 많은 분야이다. R&D 투자가 지식자본을 증가시키고 이것이 기술진보와 혁신을 통해 궁극적으로는 생산성을 증대시켜 경제성장을 유도한다는 이론에는 모두 동의할 수 있지만, 이를 실증할 수 있는 방법은 어떠한 정밀한 분석모형으로도 충분하게 설명될 수는 없을 것이다. 본 연구 역시 R&D와 그 성과물이 갖는 모호성, 가변성에 따라 이를 특정한 형식으로 계량화하는 과정에서 오류가 잠재될 수밖에 없을 것이다. 다만 정부가 해마다 20조원 가까운 규모의 R&D 투자를 하고 있고 그 세 배가 넘는 금액을 민간이 투자하고 있는 현실에서, 본 연구가 R&D 투자의 효율성 및 전략적 측면에 대한 논의에 도움이 될 수 있기를 기대한다.

참고 문헌

[국내 문헌]

1. 강두룡 2002. “정보화와 한국경제성장 및 생산성 변화,” *국제경제연구* (8:2), pp. 211-243.
2. 김정연, 강성진, 정현준, 이경남, 임순옥 2011. *방송통신 R&D 투자의 파급효과 분석과 정책방향*, 정책연구 11-27, 정보통신정책연구원.
3. 송준기 1994. “R&D 자본과 생산성관계에 관한 실증적 분석,” *한국산업조직학회, 산업조직연구*, 제3집, pp. 37-56.
4. 윤충한, 장화탁 2000. *정보통신 연구개발투자의 경제적 효과 연구*, 정책연구 00-16, 정보통신정책연구원.
5. 이기동 2001. “산업별 데이터를 이용한 정보통신 기술 투자의 생산성 분석,” *국제경제연구* (7:2), pp. 163-193.
6. 이원기, 김봉기 2003. “연구개발투자의 생산성 파급효과 분석,” *조사통계월보*, 한국은행 5월호, pp. 24-51.
7. 조신, 김희선 2014. “ICT 산업에서의 연구개발투자: 성과 평가와 시사점,” *Telecommunication Review*, 한국이동통신 30년 특집호, pp. 48-75.
8. 조윤애 1994. *한국 제조업의 연구개발투자효과*, 연세대학교 대학원 박사학위논문.

[국외 문헌]

1. Bailey, M. N., and Lawrence, R. 2001. “Do We Have a New E-conomy?,” *American Economic Review, Papers and Proceedings* (91: 2), pp. 308-313.
2. Chang, Y. B., and Gurbaxani, V. 2012. “The impact of IT-related Spillovers on Long-run Productivity: An Empirical Analysis,”

- Information Systems Research* (23:3), pp. 868-886.
3. Cheng, Z., and Nault, B. 2007. "Industry level supplier-driven IT spillovers," *Management Science* (53:8), pp. 1199-1216.
 4. Cheng, Z., and Nault, B. 2012. "Relative industry concentration and customer-driven IT spillovers," *Information Systems Research* (23:2), pp. 340-355.
 5. Clark, K., and Griliches, Z. 1984. "Productivity growth and R&D at the Business Level: Results from the PIMS Data Base," in Griliches, Z. ed., *R&D, Patents, & Productivity*, University of Chicago Press, pp. 393-416.
 6. Coe, D. T., and Helpman, E. 1995. "International R&D spillovers," *European Economic Review* (39:5), pp. 859-887.
 7. Dutta, D., and Otsuka, K. 2006. "An analysis of knowledge spillover from information and communication technology in Australia, Japan, South Korea, and Taiwan," Working Paper, University of Sydney.
 8. Griliches, Z. 1979. "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth," *Bell Journal of Economics* (10:1), pp. 92-116.
 9. Griliches, Z. 1992. "The Search for R&D Spillovers," *Scandinavian Journal of Economics*, 94, S29-547.
 10. Griliches, Z., and Lichtenberg, F. 1984. "R&D and Productivity Growth at the Industry Level: Is There Still a Relationship?," in Griliches, Z. ed., *R&D, Patents, & Productivity*, University of Chicago Press, pp.465-496
 11. Gujarati, D., and Porter, D. 2009. *Basic Econometrics* (5th ed.), McGraw Hill.
 12. Jorgenson, D. W., and Stiroh, K. J. 2000. "Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age," *Brookings Papers on Economic Activity*, pp. 125-211.
 13. Kennedy, P. 2002. "Oh No! I Got the Wrong Sign! What Should I Do?," Discussion Paper 02-3, Simon Fraser University.
 14. Los, B., and Verspagen, B. 2000. "R&D Spillovers and Productivity: Evidence from U.S. Manufacturing Microdata," *Empirical Economics*, 25, pp. 127-148
 15. Mairesse, J., and Griliches, Z. 1990. "R&D and Productivity Growth: Comparing Japanese and U.S. Manufacturing Firms," in Hulten, C. ed., *Productivity Growth in Japan and the United States*, University of Chicago Press, pp. 317-340.
 16. Mohnen, P. 1996. "R&D Externality and Productivity Growth," *STI Review*, No. 7, OECD, Paris.
 17. Monjon, S., and Waelbroeck, P. 2003. "Assessing spillovers from universities to firms: Evidence from French firm-level data," *International Journal of Industrial Organization* (21:9), pp. 1255-1270.
 18. Nadiri, E. 1993. "Innovations and technological spillovers," NBER Working Paper 4423.
 19. Nordhaus, W. D. 2002. "Productivity Growth and the New Economy," *Brookings Papers*

- on *Economic Activity*, 2
20. OECD, 2015. *Frascati Manual 2015: Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development*.
21. Oliner, S. D., and Sichel, D. E. 2000. "The resurgence of growth in the late 1990s: is information technology the story?," *Journal of Economic Perspectives* (14:4), pp. 3-22.
22. Romer, P. M. 1994. "The Origins of Endogenous Growth," *Journal of Economic Perspectives* (8:1), pp. 3-22.
23. Solow, R. 1956. "A contribution to the theory of economic growth," *Quarterly Journal of Economics* (70:1), pp. 64-94.
24. Stiroh, K. J. 2000. *The Economic Impact of Information Technology*, Federal Reserve Bank of New York.
25. Stiroh, K. J. 2002. "Are ICT Spillovers Driving the New Economy?," *Review of Income and Wealth* (48:1), pp. 33-57.
26. Tambe, P., and Hitt, L. M. 2014. "Job Hopping, Information Technology Spillovers, and Productivity Growth," *Management Science* (60:2), pp. 338-355.
27. Wakelin, K. 2001. "Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms," *Research Policy* (30:7), pp. 1079-1090.
28. Wieser, R. 2005. "Research and development productivity and spillovers: Empirical evidence at the firm level," *Journal of Economic Surveys* (19:4), pp. 587-621.
29. Wolff, E. N. 2002. "Productivity, Computerization, and Skill Change," NBER Working Paper, 8743

저 자 소개



정우진 (Woo-Jin Jung)

현재 연세대학교 바른ICT연구소 연구교수로 재직 중이다. 한양대학교에서 경영학 박사 학위를 취득하였고, 연세대학교 정보대학원 연구교수를 역임하였다. 주요 관심분야는 지식경영, ICT산업경제, SW정책, 빅데이터 분석 등이다. 지금까지 Electronic Commerce Research, Journal of Database Management, Asia Pacific Journal of Information Systems 등 주요 학술지에 논문을 발표하였다.



김현석 (Hyunsuk Kim)

연세대학교에서 경제학, 응용통계학을 전공한 후, 현재 동 대학원의 경제학과 석사과정에 재학 중이다. 주요 관심분야는 기술 진보와 경기변동, 국가 간 통화정책 파급효과 등이다.



조 신 (Shin Cho)

현재 연세대학교 정보대학원 교수로 재직 중이다. 서울대학교 경제학과를 졸업하고 미국 Washington University, St. Louis에서 경제학 박사 학위를 취득하였다. 정보통신정책연구원 선임연구위원, SK브로드밴드 대표이사, 지식경제부 R&D전략기획단 투자관리자(MD)를 역임하였다. 주요 관심분야는 정보통신산업분석, 기술경영 및 정책, 혁신체계이다.