

디지털 경제에서 네트워크 효과와 경험학습의 장기적 분석에 관한 소고*

The Long-Run Implications of Network Effects and Learning by Doing in a Digital Economy: A Note

김 동 주 (Dong Ju Kim)**

국문초록

본 논문은 디지털 재화와 서비스 소비에 있어서 두드러진 특징 중의 하나인 네트워크 효과(network effect)와 IT 자본 생산의 경험학습(learning by doing)의 장기적 역할을 분석하고 있다. 본 논문의 결과에 따르면 네트워크 효과는 장기적으로 소득 수준에만 영향을 미치는 소득효과(income effect)를 보이는 반면, 자본 생산의 경험 학습은 지식의 파급효과를 통하여 자본 소득 비율, 인구 증가율과 함께 성장효과(growth effect)가 있음을 보이고 있다. 본 논문은 네트워크 효과와 지식의 파급효과 간의 장기적 상호작용을 분석하는데 있어 의미 있는 결과를 제공한다는 점에서 의의가 있다.

주제어: 네트워크 효과, 파급효과, 경험학습, 소득효과, 성장효과

※ 논문접수일: 2020. 4. 29, 수정일: 2020. 6. 22, 게재확정일: 2020. 6. 24

* 본 논문은 저자의 연구년 기간에 수행되었으며 2020년도 고려대학교 공공정책대학 교내지원연구비에 의해 연구되었다. 익명의 세분 심사위원분께 감사드리며 모든 오류는 저자의 책임이다.

** 고려대학교 세종캠퍼스 경제통계학부 교수, E-mail: djkimtiger@korea.ac.kr

ABSTRACT

This article is concerned with the long-run implications of network effects in IT consumption, and of learning by doing in IT capital production. The results indicate that the network effects have an income effect. This affects only the long-run level of output and interest rate. By contrast, the elasticity of capital producers' efficiency with respect to capital investment experience exhibits a knowledge spillover and a growth effect through the share of the capital in output and the rate of labor growth. This paper thus offers insights into the long-run interactions of the network effect and the knowledge spillover of IT capital.

Key words: Network effect, Knowledge spillover, IT capital, Level effect, Growth effect

I. 서론

네트워크 효과(network effect)는 특정 제품이나 서비스를 소비하는 사용자 수가 늘어날수록 그 제품이나 서비스를 소비함으로써 얻게 되는 효용이 증가하는 것을 의미하며 디지털 경제 성장의 주요 동인으로 언급되고 있다. 가장 고전적인 예로 전화망이나 케이블 TV 등을 들 수 있으며 SNS, 오픈 마켓, 숙박공유, 검색 엔진 등 디지털 경제의 많은 재화와 서비스들은 네트워크 효과가 크다는 특징을 지니고 있다. 네트워크 효과는 망외부성, 수요측면에서의 규모의 경제, 무어의 법칙, 길더의 법칙, 매트칼프의 법칙, 리드의 법칙 등 다양한 형태로 언급되고 있다.

기업들은 자본을 축적하는 과정에서 효율적인 생산 방법들을 동시에 익히게 된다. 이러한 생산이나 투자 과정에서의 경험이 효율성에 미치는 긍정적인 효과를 경험학습(learning by doing)이라 한다. 생산과정이나 투자활동에서의 경험은 R&D, 교육(schooling), 현장학습(on-the-job training)에 영향을 미친다. 기업에서의 이러한 경험은 어떤 종류의 연구·개발이 필요한지, 어떤 주제의 교육이 필요한지, 또한 어떤 훈련이 필요한지에 대한 정확한 방향을 제시한다는 점에서 많은 학자들이 지속적 성장의 주요 요인으로 파악하고 있다. 또한 각 기업이 생산이나 투자과정에서 습득한 지식은 공공재 성격을 갖고 있어 다른 기업들이 큰 비용을 지불하지 않고도 사용할 수 있다. 특히 일반 목적 기술(general-purpose technology)은 한번 발견이 되면 즉시 경제 전체로 파급되어 진다.

네트워크 효과의 기본 개념은 Rohlfs (1974)에 의해 처음 소개되었다. 이후로 많은 연구들이 네트워크 효과 이론의 발전에 기여해 왔다. Shapiro & Katz (1994), Economides (1996), Shy (2001) 그리고 Rohlfs (2003) 등은 네트워크 효과에 대한 유용한 개괄과 서베이를 제공하고 있다. 네트워크 효과라는 용어는 Shapiro & Varian (1998)에 의해 대중화되어 이제는 경제학자뿐만 아니라 법률가, 언론인, 규제자, 사업계에서도 널리 사용되고 있다. 최근의 실증연구로는 Giorgi, Frederiksen, & Pistaferri (2020)가 덴마크 자료를 이용하여 동료(peer)의 소비가 기간별 소비 결정에 영향을 미친다는 것을 보여주고 있다.

Arrow (1962) 이후 많은 논문들이 투자나 생산 활동 과정에서 지식과 생산성 향상 이득이 부수적으로 발생한다는 지식의 파급효과(spillover)를 강조해왔다. Romer (1986)와 Lucas (1988)의 논문을 시작으로 지식의 파급효과가 경제적 성장

에서 중요한 역할을 한다는 내생적 성장이론의 여러 모형들이 출현하였다. 이러한 내생적 성장 모형은 기술, 지식과 같은 비경합적(non-rivalry) 생산요소로 인해 발생하는 규모에 대한 수확체증의 특성을 강조하여 성장이론의 큰 변화를 가져왔다. Audretsch & Belitski (2020)는 최근 실증 연구에서 R&D 보다 지식의 파급효과가 기업 생산성에 더욱 중요한 요인임을 밝히고 있다.

네트워크 효과나 경험학습을 통한 지식의 파급효과는 중요한 연구 주제로서 지속적으로 많은 연구들이 수행되어 왔다. 그러나 네트워크 효과와 경험학습에 관한 상호작용에 관한 연구, 특히 장기적 상호작용의 효과에 대한 연구는 매우 부족하다. 본 연구는 이러한 부분을 채우려는 작은 시도이며 장기성장을 결정하는데 IT 소비보다는 IT 자본투자가 중요한 역할을 수행할 수 있다는 점을 강조하고 있다. 한편 Varian (2017)은 네트워크 효과와 규모의 경제, 그리고 학습효과가 혼재되어 사용되고 있음을 지적하고 네트워크 개념을 분명하게 구별하여 설명하고 있다.

본 논문에서는 IT 자본 투자 과정에서 발생하는 경험이 효율성 향상을 전적으로 견인한다는 Jovanovic & Rousseau (2002)의 모형을 기반으로 네트워크 효과와 경험학습의 장기적 효과를 신고전학과 성장이론 모형을 사용하여 설명하고 있다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제Ⅱ 장에서는 소비에 있어서의 네트워크 효과와 IT 자본 투자에서 발생하는 경험학습의 지식파급 효과에 관한 기본 모형을 설명하고 제Ⅲ 장에서는 모형의 장기 균형분석과 장기성장률의 결정 요인들을 살펴보고 마지막으로 결론을 제시하고 있다.

Ⅱ. 네트워크 효과와 지식파급 모형

1. 소비자

본 모형은 Jovanovic et al. (2002) 논문을 기반으로 하여 네트워크 효과를 반영하는 효용함수를 도입하여 그 효과를 분석하고 있다. 소비자 i 의 생애 효용함수는 다음과 같다.

$$\int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{\left(c_{it}^a \left(\sum_{j=1}^L c_{jt} \right)^{1-a} \right)^{1-\theta}}{1-\theta} dt \quad (1)$$

여기서 c_i 는 소비자 i 의 일인당 소비를 나타내고, ρ 는 시간 할인율, $\frac{1}{\theta}$ 는 소비의 기간별 대체탄력성, $1-a$ 는 다른 소비자, $\sum_{j=1}^L c_j$, 들의 네트워크 효과의 크기를 나타낸다. 여기서 L 은 소비자이자 노동력을 나타낸다. $a \rightarrow 1$ 에 따라 위 효용함수는 네트워크 외부성이 없는 효용함수가 된다. 식 (1)의 효용함수 $u(c)$ 의 기간별 최적화 조건은 아래 식과 같이 표시된다.¹⁾

$$\frac{\dot{c}(t)}{c(t)} = \frac{1}{1-a(1-\theta)}(r_t - \rho) \quad (2)$$

모든 소비자는 동일하며 기간별 소비 최적화시에 네트워크 효과를 내재화(internalize)하지 않는다고 가정하였다. 식 (2)는 $a \rightarrow 1$ 에 따라 $\frac{1}{\theta}(r_t - \rho)$ 이 되어 통상적인 기간별 대체탄력성이 일정한 효용함수의 오일러 식으로 수렴한다.

2. 최종재 생산함수

최종재는 규모불변의 생산함수에 의해 아래 식과 같이 생산된다.

$$Y = AL^{1-\alpha}K^\alpha = ALk^\alpha \quad (3)$$

여기서 L 은 노동력이며 매년 $n\%$ 씩 성장한다. K 는 자본재이고, $k = K/L$ 은 일인당 자본량을 표시한다. 자본은 IT 자본이 유일하며 지식파급 효과가 크며 감각상각은 고려하지 않는다. α 는 자본-소득 비율을 나타내며 1 보다 작다.

3. 자본재 생산함수

새로운 자본은 아래 식에 의하여 생산된다.

1) 기간별 오일러 식은 $\frac{\dot{c}}{c} = (r-\rho)\left(-\frac{u'(c)}{u(c)}\right)$ 이며, 이 식을 정리하면 본문 식 (2)가 도출된다.

$$\frac{dK}{dt} = q(Y - Lc) \quad \text{or} \quad Y = Lc + \frac{1}{q} \frac{dK}{dt} \quad (4)$$

여기서 c 는 일인당 소비이며 q 는 최종재 한 단위가 생산해 내는 자본재 생산량이다. 따라서 $1/q$ 은 최종재로 표시한 자본재 한 단위 생산비용이 된다. 감가상각을 고려하지 않았으므로 식 (4)는 자원제약식(resource constraint)이 된다. 최종재 산업과 자본재 산업은 완전 경쟁적이며 지식의 파급효과를 내재화(internalize)하지 않고 q 는 주어진 것으로 간주한다. 최종재가 기준 재화(numerarie)이다.

4. 자본재 생산자의 경험학습

현재의 자본량, K ,는 감가상각을 고려하지 않기 때문에 누적 총 자본량이 된다. 자본재 생산에 있어서의 학습 또는 경험은 누적 총 자본량에 비례한다고 가정한다. 혹은 자본재 생산 비용은 누적 총 자본량이 증가함에 따라 기업의 지식과 경험이 이에 따라 축적되므로 감소한다고 가정한다. 이 경우 경쟁시장에 가정에 의하여 자본재 가격, p ,는 항상 생산비용, $1/q$,과 같게 되며 아래 식과 같이 표시된다고 하자.

$$p = \frac{1}{q} = \left(\frac{K}{B}\right)^{-\beta} \quad (5)$$

여기서 B 는 상수이며 β 는 자본축적에 따라 부수적으로 발생하는 경험 또는 지식의 파급효과를 나타낸다.²⁾ <표 1>은 기술별 β 의 크기와 가격 p 와 자본량 K 의 증가율 g_p 와 g_K 를 보여 준다. IT 기술인 컴퓨터의 기술파급 효과 β 와 가격의 하락률 $|g_p|$, 그리고 자본생산증가율 g_K 는 다른 산업 기술보다 크다는 것을 알 수 있다.

2) 총 자본량이 최종재 생산에 직접적인 영향을 미칠 경우 생산함수 식 (3)은 Romer (1986) 모형처럼 $Y = AL^{1-\alpha}K^\alpha(X)^\beta$ 로 표시할 수 있고 X 가 자본량 K 에 비례한다고 가정하면, $X = (K/B)$, $Y = AL^{1-\alpha}K^\alpha(K/B)^\beta = AL^{1-\alpha}K^\alpha q$ 로 표시할 수 있다. $1/q = \left(\frac{K}{B}\right)^\beta$ 로 표시하면 자본재 가격이 1이고 일 부문 성장모형이 된다.

<표 1> 각 산업 기술의 파급효과 β 의 추정

Technology	$\hat{\beta}$	g_p	g_K
computer	0.62	-24.12	39.11
Electricity	0.35	-2.12	7.11
Automobile	0.20	-2.19	13.29

출처: Jovanovic et al. (2002), p. 350.

5. 투자

기업은 총 자본량, K ,에 영향을 미칠 만큼 규모가 크지 않으며, 자본재 가격, p_t ,를 주어진 것으로 받아들인다. 기업의 투자는 임대가격이, $\alpha Ak^{\alpha-1}$, 자본의 사용자 비용과, $r_t p - \frac{dp}{dt}$ 3), 같아질 때 까지 이루어진다. 따라서 포기된 소비재 한 단위의 한계생산은 다음 식을 만족시킨다.

$$\frac{1}{p} \alpha A k^{\alpha-1} = r - \frac{\dot{p}}{p} \quad (6)$$

Ⅲ. 장기균형의 분석

1. 균형분석

본 장에서는 장기 균형성장 상태(balance growth path)⁴⁾를 분석한다. 식 (5)에서

- 3) $\alpha Ak^{\alpha-1} = f'(k)$ 라고 하면 기업은 자본비용이, p_t , 한계생산물의 현재가치와 같아지는 지점까지 투자를 한다. 따라서 아래 식이 성립한다.

$$p_t = \int_t^\infty \exp\left(-\int_t^s r_\tau d\tau\right) f'(k_s) ds$$

이를 시간으로 미분하면 다음과 같다.

$$\frac{dp_t}{dt} = -f'(k_t) + r_t \int_t^\infty \exp\left(-\int_t^s r_\tau d\tau\right) f'(k_s) ds = -f'(k) + r_t p_t$$

위 식을 정리하면 식 (6)을 얻게 된다.

- 4) Jovanovic et al. (2002)은 선형 효용함수와 네트워크 효과가 없는 경우, 즉, $\theta=0$, $a=1$ 에 있어 동학을(transition dynamics)을 설명하고 있다.

$k = L^{-1}Bp^{-1/\beta}$ 이므로 식 (6)에 대입하여 정리하면 식 (7)과 같다.

$$g_p = \frac{\dot{p}}{p} = r - \alpha A \left(\frac{L}{B} \right)^{(1-\alpha)} p^{-1+(1-\alpha)/\beta} \quad (7)$$

장기 균형 상태에서는 $r, g_L (= \dot{L}/L = n)$, 그리고 $g_k (= \dot{k}/k)$ 가 일정하므로 (7)번 식 우변항의 둘째 식 역시 일정해야 한다. 따라서 다음 식이 성립한다.

$$(1-\alpha)g_L + \left[\frac{(1-\alpha)}{\beta} - 1 \right] g_p = 0$$

위 식을 정리하면 다음과 같다.

$$g_p = - \frac{\beta(1-\alpha)}{1-\alpha-\beta} n \quad (8)$$

그리고 식 (5)로 부터 $g_k + g_L = -g_p/\beta$ 이므로 일인당 자본의 성장률은 다음과 같다.

$$g_k = \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} n \quad (9)$$

생산함수로 부터 $g_y = \alpha g_k$,이므로 일인당 생산 및 소비의 성장률은 아래와 같이 표시된다.

$$g_y = g_c = \frac{\alpha\beta}{1-\alpha-\beta} n \quad (10)$$

식 (10)에 의하면 성장률은 노동력 증가율, n ,에 비례하고 α 와 β 와 같은 방향으로 증가하며 $\alpha + \beta \rightarrow 1$ 수록 성장률은 무한대가 된다.⁵⁾ Solow (1956) 모형에서

5) $\partial g_c / \partial \alpha = \frac{\beta(1-\beta)}{(1-\alpha-\beta)^2}$ 이므로 β 가 1 보다 작을 경우 양의 값을 갖는다. β 는 자본 축적

는 기술진보가 없는 경우 인구증가에 따라 자본이 증가하나 자본의 한계생산이 체감하여 성장이 정체되는 정상상태(steady state)에 도달한다. 본 모형에서는 자본 투자 과정에서 발생하는 경험학습이 경제전체로 파급되어 자본의 한계생산 체감을 상쇄하여 지속적 성장이 가능하다. 이 과정에서 생산의 자본 탄력성인(자본-소득 비율) α 와 지식 파급효과의 탄력성을 나타내는 β 가 성장에 영향을 미치게 된다. 그러나 시간 할인율, 네트워크 효과의 크기 등 효용함수의 파라미터들은 성장률에 영향을 미치지 못하고 단지 소득 수준, 이자율 수준에 영향을 미친다.⁶⁾

2. 성장률 결정요인

본 모형에서 장기 균형 성장률은 식 (10)에 의하여 (i) 소득에서 자본이 차지하는 비중인 자본-소득 비율인 α 와 (ii) 자본에 대한 투자가 증가함에 따라 부수적으로 발생하는 지식 파급효과의 탄력성인 β 그리고 (iii) 노동력 증가율인 n 에 의하여 결정된다. 본 논문에서는 연구개발 분야를 포함하지 않았다. 만약 연구개발 분야를 포함한다면 노동력이 증가함에 따라 장기 균형 상태에서는 연구개발 인력도 같은 비율로 증가할 것이므로 노동력 증가율은 연구인력 증가율로 해석해도 좋을 것이다.⁷⁾ 소비의 기간 대체율인 $1/\theta$ 나 네트워크 효과의 정도를 나타내는 $1-a$ 는 성장률에 영향을 주지 못하고 단지 소득 수준과 이자율 수준에만 영향을 미치게 된다. 이러한 특징은 본 모형의 특정한 구성 때문에 기인할 수도 있지만 일반

에 따라 부수적으로 나타나는 경험학습의 탄력성으로 <표 1>에서와 같이 1 보다 작을 것으로 예측할 수 있다. $\partial g_c / \partial \beta = \frac{\alpha(1-\alpha)}{(1-\alpha-\beta)^2}$ 이고 α 는 자본-소득 비율로써 1 보다 작으므로 양의 값을 갖는다.

- 6) 일반적으로 네트워크 효과가 존재하는 상황에서는 수확체증의 법칙이 성립할 가능성이 있고 이 둘의 관계가 모형에서 고려된다면 네트워크 효과가 성장률에 영향을 미치는 성장효과를 나타낼 수 있으나 장기균형 성장 상태가 존재하지 않을 수 있다.
- 7) 연구개발 부분이 포함된다면 총 노동력, L ,은 연구개발, L_R , 및 최종재 산출, L_Y ,에 투입된다. 따라서 $L = L_R + L_Y$ 로 표시할 수 있으며 장기 균형성장 상태에서는 연구개발에 투입되는 비율, $s_R = L_R/L$,이 일정하므로 L_R 의 성장률은 노동력 증가율인 n 과 같게 된다. 경험학습 효과로 얻어진 기술들이 경제전체에 파급되는 지식의 파급효과와 연구개발에 투입된 노동력이 보완적 성격을 가진다면 장기성장률은 연구개발에 투입된 인력, L_R ,의 증가율인 n 과 비례하게 될 것이다.

적으로 생산측면에서 지속적인 성장이 없이는 수요측면의 효과만으로 장기적 성장을 달성할 수 없다는 중요한 단초를 제시한다고 이해할 수 있다. 보다 광범위한 모형들을 통해서 이러한 가설들이 검증이 되어야 할 것이다. 본 논문이 이러한 연구의 시작점이 되기를 바란다.

IV. 결론

본 논문은 신성장이론 모형을 이용하여 디지털 재화의 네트워크 효과와 IT 자본 투자 시 발생하는 경험학습을 통한 지식의 증가 및 지식의 파급효과를 분석하고 있다. 수요 측면에서 규모의 경제라 불리는 네트워크 효과는 장기 균형성장 상태에서 성장률에 영향을 미치지 못하고 소득 수준에만 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 반면에 IT 자본 투자 과정에서 경험 또는 학습이 이루어지고 이렇게 얻어진 기술들이 경제전체에 파급되는 지식의 파급효과는 장기성장을 결정하는 주요 요인으로 파악되었다. 이러한 결과는 디지털 경제를 이해하는데 매우 흥미로운 주제를 제시하고 있다.

성공적인 경제성장을 이해하기 위해서는 R&D 활동에 관한 분석이 매우 중요하며 이 주제는 도전적 과제가 될 것이나 본 논문에서는 다루지 못하였다. 본 논문은 신성장이론의 분석 틀 안에서 네트워크 효과 및 지식파급 효과의 장기적 영향을 분석해 보고자 하는 소논문이다. 지식의 파급효과의 분석 부분은 Arrow (1962) 와 Romer (1986)에 발전된 지식파급효과 모델인 Jovanovic et al. (2002) 논문을 따르고 있다. 이 논문은 네트워크 효과는 소득효과(income effect)를 지식의 파급효과는 성장효과(growth effect)를 나타내므로 지속적 성장을 위해서는 수요측면의 정책이 아니라 공급측면의 정책이 필요하다는 점을 지적하고 있다. 이러한 지적이 네트워크 효과와 지식의 파급효과 간의 장기적 상호작용을 이해하는데 있어서 조금이라도 기여한다면 이 논문의 의의가 있을 것이다.

참고문헌

- Arrow, K. (1962). The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, 29, 15-18.
- Audretsch, D. B., & Belitski, M. (2020). The role of R&D and knowledge spillovers in innovation and productivity. *European Economic Review*, 123, 103391.
- Economides, N. (1996). *The Economics of Networks*. *International Journal of Industrial Organization*, 14(2), 673-699.
- Giorgi, G. D., Frederiksen, A., & Pistaferri L. (2020). Consumption network effects. *Review of Economic Studies*, 87(1), 130-163.
- Jovanovic, B., & Rousseau, P. (2002). Moore's law and learning by doing. *Review of Economic Dynamics*, 5, 346-375.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Rohlf, J. H. (1974). A theory of interdependent demand for a communications service. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 5(1), 16-37.
- _____ (2003). *Bandwagon Effects in High-technology Industries*. MIT press, Cambridge/London.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94, 1002-1037.
- Shapiro, C., & Katz, M. (1994). Systems competition and network effects. *Journal of Economic Perspectives*, 8(2), 93-115.
- Shapiro, C., & Varian, H. R. (1998). *Information Rules*. Harvard Business School Press, Cambridge.
- Shy, O. (2001). *The Economics of Network Industries*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-94.
- Varian, H. (2017). Use and abuse of network effects. Retrieved June 17, 2020, <https://ssrn.com/abstract=3215488>.