

S곡선 기반 기술적 불연속성(Technological discontinuity)의 정의 및 측정 : 로직 반도체의 기술대체 사례

박창현

한국과학기술기획평가원 재정투자분석본부

Definition and measurement of S-curve based technological discontinuity : case of technological substitution of logic semiconductors

Changhyun Park

Office of R&D Budget and Feasibility Analysis, KISTEP(Korea Institute of S&T Evaluation and Planning)

요약 기존 기술과 신기술의 확산 및 대체 과정에서 발생하는 기술적 불연속성 현상은 단일 기술 및 복수 기술의 확산 및 대체 현상의 거동을 이해하는데 중요하다. 본 연구에서는 기술적 불연속성 구간의 개념에 대해 정의하고, 이 구간을 측정할 수 있는 정량적 지표들에 대한 측정 모형을 개발하였다. 문헌리뷰 및 모형 도출을 바탕으로 기술적 불연속성 구간에 대해 정의 및 측정 모형을 제시하였고, 도출한 모형의 적합성을 반도체 산업의 기술대체 사례를 바탕으로 검증하였다. 기술적 불연속성 구간은 기존 기술과 신기술의 S곡선이 시간에 따라 동시에 존재하면서, 기존 기술의 성능이 신기술의 성능보다 높은 구간으로 정의된다. 또한 기술적 불연속 구간은 불연속 시간 및 불연속 성능으로 측정가능하며, 불연속 시간 및 불연속 성능 지표는 불연속 구간에서의 기존 기술과 신기술의 시간 차이 및 성능 차이로 모형화 된다. 본 연구는 기술적 불연속성 현상에 대한 이해뿐만 아니라 기술 확산 및 대체 현상의 전체적인 거동의 이해에 유용할 것이다.

Abstract The phenomenon of technological discontinuity which occurs during technological diffusion and substitution between incumbents and new technology is important to understand the behavior of technology diffusion and substitution of single and multiple technologies. Our research defined the concept of technological discontinuity and developed a model capable of measuring the region of technological discontinuity. Based on a literature review and a model development, we proposed a definition and a model regarding technological discontinuity. The accuracy of the model is verified by applying it on a semiconductor industry case. The technological discontinuity is defined as the region in which both the incumbent and new technology co-exist and the performance of the incumbent technology is better than that of the new technology. In addition, we can model the technological discontinuity using discontinuous time and discontinuous performance. This research will be very useful to understand not only technological discontinuity but also technology diffusion or substitution.

Keywords : Technological discontinuity, Discontinuous time, Discontinuous performance, Diffusion, Substitution

1. 서론

기술 확산(technology diffusion)은 창조적 파괴에 기반한 기술 혁신(Schumpeter, 1942)을 구성하는 핵심적

인 개념이며, 혁신 과정 자체로서 중요한 의미를 가지고 있다(박용태, 2007)[1,2]. 단일 기술의 확산은 전형적인 S자 곡선의 형태를 따르며 확산되는데, 도입기에는 시간에 따른 기술 성능의 향상이 느리다가 성장기에는 급속

*Corresponding Author : Changhyun Park(KISTEP)

Tel: +82-2-589-2926 email: ch27park@kistep.re.kr

Received May 1, 2017

Revised (1st June 15, 2017, 2nd June 21, 2017)

Accepted July 7, 2017

Published July 31, 2017

히 빨라지고 성숙기에는 다시 느려지다가 쇠퇴기에는 포화된다(Foster, 1986; Schilling, 2010; 남기웅, 2009)[3,4,5]. 반면 복수 기술의 확산은 기존 기술과 신기술이 서로 경쟁하면서 확산하게 되어, 기술 대체(technology substitution)의 과정을 거쳐서 확산된다(박용태, 2007)[2].

기존 기술과 신기술의 대체 과정에서 단일 기술의 S 곡선들이 연결되지 않는 기술적 불연속성(technological discontinuity) 구간(Anderson과 Tushman, 1990)이 발생하게 되고, 불연속성 현상을 이해하는 것은 단일 기술 및 복수 기술의 확산 및 대체 현상의 거동을 이해하는데 중요하다[6]. 불연속적인 기술이 새롭게 출현 시 기존 기술을 서서히 대체하거나 기존 기술의 확산 속도에 직접 또는 간접적으로 영향을 주기도 한다(Schilling, 2010)[4]. 특히 반도체 및 통신 산업과 같은 다세대 기술은 세대별 기술 전환 속도가 빨라서 기술적 불연속성 구간에서의 기술 확산 거동에 대한 정확한 이해가 필요하다.

기존 문헌들에서 기술적 불연속성의 정의(Anderson과 Tushman, 1990) 및 거동(Schilling, 2010; Ehrnberg, 1995)에 대해 연구함으로써 기술적 불연속성 현상을 이해하고자 하였다[6,4,7]. 또한 기술적 불연속성을 측정하기 위해 신규성능지표(Christensen, 1992b; Nieto 등, 1998; Ayres, 1994), 부품변수, 시스템변수 및 성능변수(Ehrnberg, 1995), 시간 및 가격지표(Kapur 등, 2010) 등에 대한 연구가 있었다[8,9,10,7,11]. 그러나, 기술적 불연속성 구간에 대한 정확한 정의 및 불연속성 구간을 측정할 수 있는 정량적 지표들에 대한 연구는 제한적이었다.

따라서 동 연구에서는 복수 기술의 확산 및 대체 과정에서 자주 발생하는 기술적 불연속성 구간에 대해 정의하고, 이 구간을 측정할 수 있는 정량적 지표들을 제시하고 측정 모형을 개발하고자 하였다.

따라서 본 연구의 연구 질문은 다음과 같다. 복수 기술의 확산을 통해 기술의 대체현상이 발생할 때, 기술적 불연속성(technological discontinuity) 구간에 대한 정의는 무엇이고 불연속성 구간의 특성을 어떻게 측정할 것인가?

본 논문은 아래와 같이 구성되어 있다. 다음절에서는 기술적 불연속성의 정의, 지표 및 발생 동인에 대한 기존 문헌들을 검토하고, 본 연구를 어떤 방법에 의해 수행하였는지 연구방법론에 대해서 설명하였다. 연구 결과로서 기술적 불연속성 구간에 대한 정의를 제시하고, 불연속성 구간을 측정할 수 있는 지표들을 모형화하였다. 또한

반도체 산업의 기술적 불연속성 사례에 대해 모형에 근거하여 불연속성 구간을 실증적으로 분석하였다. 그리고 연구결과가 가지는 이론적 및 실무적 의의를 논의하고 향후 연구계획에 대해 제시하였다.

2. 문헌리뷰

2.1 기술적 불연속성의 정의 및 측정

표1에서 제시한 바와 같이 기존 문헌들은 기술적 불연속성(technological discontinuity)에 대해 다양한 관점에서 정의하였다. Anderson과 Tushman (1990)은 점진적 개선의 시기에서 성숙된 지배적 디자인은 불연속 기술을 도출한다고 제시하였고, 기술의 불연속성은 산업의 가격 대비 성능의 혁신적 개선을 의미한다고 정의하였다[6]. 또한 Schilling (2010)은 불연속적인 기술은 시장의 요구를 만족시키면서 완전히 새로운 지식에 기반하고 있으며, 불연속적인 기술의 발전은 가속도가 붙거나 기존 기술의 발전이 한계에 도달했을 때 신기술의 발전이 훨씬 더 높게 나타난다고 하였다[4]. Ehrnberg (1995)은 기술적 불연속성은 다시 보조적인 불연속적인 구간으로 세 부분적으로 구성되어 있다고 제시하였다[7].

기술적 불연속성을 측정할 수 있는 지표들에 대해 Christensen (1992b) 및 박창현 (2017)은 신규시장에서 구조혁신을 평가하기 위해 신규성능지표로 평가가 필요하다고 주장하였으며, Nieto 등 (1998) 및 Ayres (1994)도 구조적 혁신은 기본적인 물리 변수가 아니라 기술성능지표를 구성 변수로 고려해야한다고 제시하였다[8,12,9,10]. 예를 들어 DSP(Digital Signal Processing) 칩의 경우 사이클 시간과 데이터 시간을 포함하는 효율성(efficiency)을 기술성능지표로 결정해야한다고 하였다. 구체적으로 Ehrnberg (1995)는 기술의 변화 및 대체는 부품변수(component parameter), 시스템변수(system parameter), 성능변수(performance parameter)를 통한 부품의 변화, 시스템적인 변화 및 그에 따른 성능의 변화로 표현 가능하고, 변수 간에는 상관관계가 존재한다고 주장하였다[7]. 또한 Kapur 등 (2010) 기존 기술 확산에 대한 모형들이 시간에 따른 확산율만을 고려했으나, 시간 및 가격을 같이 고려할 필요가 있다고 제시하였다[11].

2.2 기술적 불연속성의 구동 요인

표1에서 불연속성의 구동 요인에 대한 기존 연구도 제시하였다. 혁신의 유형은 부품혁신(modular innovation), 구조혁신(architectural innovation), 점진적 혁신(incremental innovation) 및 급진적 혁신(radical innovation)으로 구분 가능하고(Henderson과 Clark, 1990), 기술의 확산 및 불연속성은 여러 가지 혁신 동인에 의해서 진행된다 [13]. 부품혁신은 하나나 그 이상의 부품을 변화시키지만 전체 시스템의 구조에는 크게 영향을 미치지 않는 혁신을 의미하고(Fleming, 2003), 이러한 부품혁신을 통해 신규진입자 보다 기존의 시장 지배자가 시장지배력을 가진다고 주장하였다(Christensen, 1992a)[14,15]. 반면 구조혁신은 전체시스템의 디자인을 변화시키거나 각 부품 간의 상호작용을 변화시키며 산업 내의 경쟁자나 기술사용자들에게 근본적이고 복잡한 영향을 미치고(Henderson과 Clark, 1990), 구조혁신을 통해 신규 진입자가 시장지배력을 가질 수 있다고 주장하였다(Christensen, 1992b) [13,8].

Table 1. Research on technological discontinuity

Topics	Types	Research
Technological discontinuity	Definition	Anderson and Tushman (1990), Ehmberg (1995), Schilling (2010)
	Indicators	Christensen (1992b), Ehmberg (1995), Kapur et al. (2010), Nieto et al. (1998), Ayres (1994)
	Factors	Henderson and Clark (1990), Christensen (1992a), Christensen (1992b)

3. 연구방법론

3.1 연구수행절차

그림1과 같은 순서로 기술적 불연속성에 대한 정의 및 측정에 대한 연구를 수행하였다. 1단계는 사전연구 단계로 Eisenhardt (1989)가 제시한 바와 같이 연구 질문을 정의하고 연구 주제에 대한 문헌리뷰를 각각 1절 및 2절에서 진행하였다[16]. 문헌리뷰 결과를 바탕으로 2단계에서 기술적 불연속성 구간에 대해 정의하고, 불연속성 구간을 측정하기 위한 지표들의 도출 방법을 모형화하였다. 또한 3단계에서 이론적으로 유용한 사례를 선정하여(Yin, 2009), 모형의 적합성을 검증하였다[17]. 최종적으로 4단계에서 기술적 불연속성 구간의 정의 및 측정을 위한 이론을 도출하였다(Eisenhardt, 1989)[16].

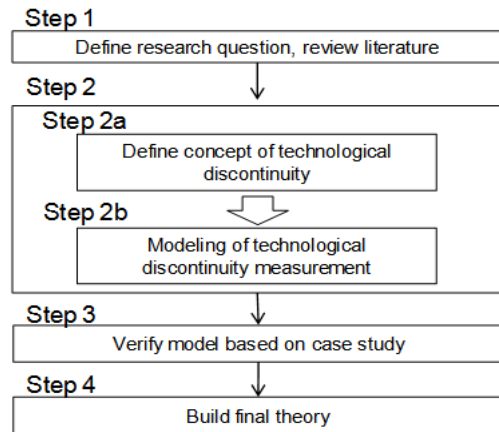


Fig. 1. Research methodology design based on modeling and case study

3.2 모형화 및 사례 분석 절차

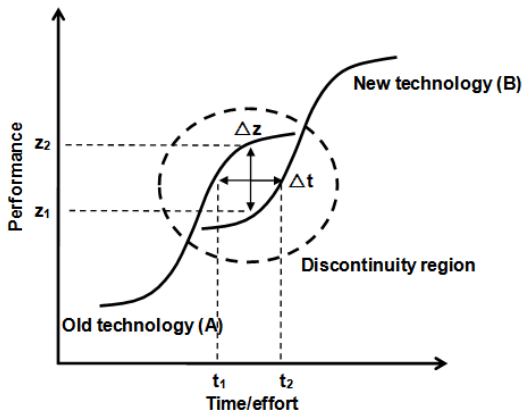
연구절차의 2단계는 구체적으로 문헌리뷰를 진행하여 기술적 불연속성(technological discontinuity) 구간에 대해 정의하였고, 기술적 불연속 구간을 측정할 수 있는 지표로 불연속 시간(discontinuous time) 및 불연속 성능(discontinuous performance)을 선정하였다. 또한 Ehmberg (1995)이 제시한 부품변수, 시스템변수, 성능변수를 기존 기술과 신기술에 대해 도출하였고, 기존 기술이 신기술에 의해 대체될 때 발생하는 기술적 불연속 구간에서 불연속 시간 및 불연속 성능 측정을 위한 모형을 도출하였다[7].

연구절차의 3단계는 불연속 시간 및 불연속 성능 측정 관련 도출한 모형의 적합성을 검증하기 위해 사례 연구(Yin, 2009)를 진행하였다[17]. 분석 사례는 기술의 진화가 빠르고 주기적인 기술 대체 현상을 보이는 반도체 산업을 선정하였다(박세훈, 2001)[18]. 반도체 기술은 무어의 법칙(Moore's law) 등을 통해 제시된 바와 같이 세대별 기술의 대체가 주기성을 가지고 공정 및 설계 기술의 부품 또는 구조 변화를 통해 지속적인 성능 변화가 발생하므로, 연구에서 도출한 모형을 활용하는데 유용하다. 따라서 반도체 산업에 대한 사례는 사례 연구에 있어 중요한 요소인 동기, 영감, 실증 측면에서 본 연구의 목적과 부합한다(Siggelkow, 2007)[19]. 반도체 산업에 대해 기존 기술과 신기술의 부품변수, 시스템변수, 성능변수를 모형을 이용해 도출하였고, 기술적 불연속 구간에서 불연속 시간 및 불연속 성능을 모형에 기반하여 도출하여 모형의 적합성을 검증하여 동 연구의 타당성을 확보할 수 있었다.

4. 연구결과

4.1 기술적 불연속성의 정의

연구절차의 2a단계를 수행하여 기술적 불연속성을 정의하였다. 기존 기술과 신기술 각각의 기술 확산 곡선은 전형적으로 S자 곡선 형태(Foster, 1986)를 따르고, 그림 2에서 제시된 바와 같이 기술의 성능 수준이 시간에 따라 도입기에는 느리다가 성장기에는 빨라지고, 성숙기를 거쳐 서서히 느려지다가 쇠퇴기에 포화되는 패턴을 보인다(Schilling, 2010)[3,4]. 기존 기술의 성능 수준이 성숙기를 거치면서 느려지는 시점에 신기술이 출현하여 성능 수준이 느리게 개선되는 구간이 발생하고, 이 구간이 기술적 불연속성 구간의 첫 번째 구간으로 정의된다. 또한 기존 기술의 성능이 쇠퇴기에 도달하여 포화되고 신기술의 성능이 성장기에 도달하여 성능이 급격히 향상되는 구간이 발생하고, 이 구간이 기술적 불연속성 구간의 두 번째 구간으로 정의된다. 정의된 두 구간 모두에서 기존 기술의 성능 수준이 신기술의 성능 보다 높으나, 불연속 구간을 통과 후에는 신기술의 성능 수준이 획기적으로 개선되는 특징을 보인다. 따라서 기술적 불연속성 구간은 기존 기술과 신기술의 S곡선이 기존 기술은 성숙기와 쇠퇴기에 해당하고 신기술은 도입기와 성장기의 해당하는 구간이 시간에 따라 동시에 존재하는 구간이면서, 기존 기술의 성능이 신기술의 성능보다 높은 구간으로 정의된다.



$$\Delta t \text{ (discontinuous time)} = t_2 - t_1$$

$$\Delta z \text{ (discontinuous performance)} = z_2 - z_1$$

Fig. 2. Definition of technological discontinuity

4.2 기술적 불연속의 측정 모형화

연구절차의 2b단계를 수행하여 기술적 불연속성을 측정하기 위한 모형을 수립하였다. 4.1 절에서 정의된 기술적 불연속 구간을 측정할 수 있는 지표로 그림 2에서 제시한 바와 같이 불연속 시간 및 불연속 성능을 도출하였다. 불연속 구간 내에서 불연속 시간(Δt)은 기존 기술이 성숙기에서 포화기로 전환하는 시간(t_1)과 신기술이 도입기에서 성장기에 전환하는 시간(t_2)의 차이로 정의되고, 불연속 구간 내에서 불연속 성능(Δz)은 시간(t_1)과 시간(t_2)의 평균 시간에서 기존 기술의 성능(z_2)과 신기술의 성능(z_1)의 차이로 정의된다. Ehrnberg (1995)이 제시한 부품변수, 시스템변수, 성능변수를 기존 기술과 신기술에 대해 각각 도출하였고, 기존 기술이 신기술에 의해 대체될 때 발생하는 기술적 불연속 구간에서 불연속 시간(Δt) 및 불연속 성능(Δz) 측정을 위한 모형을 도출하였다[7].

기존 기술인 A 기술의 부품변수(X^A) 및 신기술인 B 기술의 부품변수(X^B)들을 도출한 후 식(1)에서 제시한 바와 같이 Ehrnberg (1995)이 제시한 부품변수와 시스템변수와의 관계함수(f_i)에 의해 A 기술과 B 기술의 시스템변수들(Y^A, Y^B)이 도출된다[7].

$$\begin{aligned} Y1^A &= f1(X1^A, X2^A, X3^A, \dots) \\ Y2^A &= f2(X1^A, X2^A, X3^A, \dots) \\ Y1^B &= f3(X1^B, X2^B, X3^B, \dots) \\ Y2^B &= f4(X1^B, X2^B, X3^B, \dots) \end{aligned} \quad (1)$$

X^A : A기술의 *component* 변수
 X^B : B기술의 *component* 변수

성능변수들(Z^A, Z^B)은 시스템변수들(Y^A, Y^B)과의 관계함수(g_i)에 의해서 도출되므로(Ehrnberg, 1995), 식(2)에서 제시된 바와 같이 A 기술의 성능과 B 기술의 성능이 도출가능하다[7].

$$\begin{aligned} Z2^A &= g2(Y1^A, Y2^A, \dots) \\ Z1^B &= g1(Y1^B, Y2^B, \dots) \end{aligned} \quad (2)$$

Y^A : A기술의 *system* 변수
 Y^B : B기술의 *system* 변수

따라서 기술적 불연속 구간에서 불연속 시간(Δt) 및 불연속 성능(Δz)은 식(3)에서와 같이 측정가능하다. 불연속 시간(Δt)은 A 기술의 불연속 구간에서의 시간(t_1)과

B 기술의 불연속 구간에서의 시간(t_2)의 차이로 측정 가능하고, 불연속 성능(Δz)은 기존 기술의 성능(z_2)과 신기술의 성능(z_1)의 차이로 측정 가능하다.

$$\Delta Z(\text{불연속 성능}) = Z^A - Z^B \quad (3)$$

and

$$\Delta t(\text{불연속 시간}) = t_2 - t_1$$

Z^A : A기술의 불연속 구간에서의 성능
 Z^B : B기술의 불연속 구간에서의 성능
 t_1 : A기술의 불연속 구간에서의 시간
 t_2 : B기술의 불연속 구간에서의 시간

4.3 반도체 산업 사례연구

연구절차의 3단계로 불연속 시간 및 불연속 성능 측정 모형의 적합성을 검증하기 위하여 도출된 모형을 반도체 산업 사례에 대해서 적용하여 보았다. 반도체 제조는 크게 공정 기술과 설계 기술에 기반하고 있고, 공정 기술과 관련된 부품변수들은 트랜지스터 구조(X1), 절연체 모듈(X2), 채널 모듈(X3), 게이트 모듈(X4), 소스/드레인 모듈(X5), 및 메탈 모듈(X6)로 도출되었고, 설계 기술과 관련된 부품변수들은 시스템구조(X7), 디자인룰(X8), 및 SRAM 셀크기(X9)로 도출되었다. 따라서 식(4)와 같이 공정 및 설계 기술의 부품변수들에 기반하여 반도체 기술의 시스템 변수들로 수율(Y1), 칩스케일링(Y2), 칩스피드(Y3)가 도출 가능하다. 수율(Y1)은 공정 관련 부품변수들(X1~X6)의 함수로 도출이 가능하고, 칩스케일링(Y2)은 설계 관련 부품변수들(X7~X9)의 함수로 도출이 가능하다. 또한, 칩스피드(Y3)는 공정 관련 부품변수들(X1~X6)과 설계 관련 부품변수들(X7~X9)의 함수로 도출이 가능하다.

$$\begin{aligned} Y1(\text{수율}) &= f_1(X1, X2, X3, X4, X5, X6) \\ Y2(\text{칩스케일링}) &= f_2(X7, X8, X9) \\ Y3(\text{칩스피드}) &= f_3(X1 \sim X9) \end{aligned} \quad (4)$$

X1: 트랜지스터 구조
 X2: 절연체 모듈
 X3: channel 모듈
 X4: gate 모듈
 X5: source/drain 모듈
 X6: metal 모듈
 X7: 시스템 구조
 X8: 디자인 룰
 X9: SRAM 셀크기

반도체 산업에서 발생하는 기존 기술 및 신기술의 성능은 각각 수율(Y1), 칩스케일링(Y2), 칩스피드(Y3)의

함수로 도출 가능하고, 기술적 불연속 구간에서 불연속 성능(Δz)은 식(5)와 같이 기존 기술의 성능(z_2)과 신기술의 성능(z_1)의 차이로 측정 가능하다. 또한 불연속 시간(Δt)은 기존 기술의 불연속 구간에서의 시간(t_1)과 신기술의 불연속 구간에서의 시간(t_2)의 차이로 측정 가능하다.

$$\begin{aligned} \Delta Z &= Z - Z_1 \\ &= g_1(Y1, Y2, Y3) \\ &\quad - g_2(Y1, Y2, Y3) \\ &= (Y1 \times Y2 + Y3)_{\text{기술 A}} \\ &\quad - (Y1 \times Y2 + Y3)_{\text{기술 B}} \end{aligned} \quad (5)$$

Y1: 수율
 Y2: 칩스케일링
 Y3: 칩스피드

식(4)와 식(5)를 바탕으로 반도체 업계 리더인 인텔사의 22nm, 14nm, 10nm 공정에 대해 기술 대체시의 불연속 성능 및 불연속 시간을 측정 한 결과는 표2와 같다. 따라서 연구절차의 4단계로 불연속 성능 및 불연속 시간을 측정하는 최종 모형이 수립 및 검증되었다.

Table 2. Discontinuous performance and time at case of logic semiconductor

Technology transition	Discontinuous performance (Δz)	Discontinuous time (Δt)
22nm to 14nm	0.23	5 quarters
14nm to 10nm	8.49	5 quarters

5. 시사점 및 향후 연구계획

5.1 이론적 및 실무적 시사점

지금까지 기존 기술과 신기술의 대체 과정에서 발생하는 S곡선 기반 기술적 불연속성 구간에 대해 정의하고 구간을 측정할 수 있는 지표 및 측정 모형에 대해 분석하였다. 본 연구는 몇 가지 중요한 이론적 및 실무적 시사점이 있다.

첫째, 기존의 연구에서 기술적 불연속성 주제에 대해 개념적 접근을 통해 현상을 이해하려는 연구가 주를 이루어서, 불연속성에 대한 정의 및 측정에 대한 실증적인 연구는 제한적이었다. 본 연구에서는 기술적 불연속성 구간에 대해 정확히 정의하였고, 불연속 구간을 측정할 수 있는 정량적 지표들로 불연속 성능(discontinuous

performance) 및 불연속 시간(discontinuous time)을 선정하여 측정 모형을 제시하였다. 본 연구에서 도출한 결과 및 접근 방법론은 향후 단일 기술 및 복수 기술의 기술 대체 시 발생하는 기술적 불연속성에 대한 현상을 이해하고 불연속성 구간에서의 불연속 성능 및 불연속 시간을 측정하는데 유용할 것으로 생각된다.

둘째, 기술적 불연속성 구간은 기술 확산 및 대체의 전반적인 기술 거동(technological behavior)에 영향을 미친다. 기존 연구에서 언급된 대로 기존 기술의 확산 속도를 빠르게 또는 느리게 조정하거나, 신기술의 도입 시기 및 성능을 조정함으로써 기술적 불연속성 구간의 불연속 성능 및 불연속 시간이 영향을 받을 것이다. 특히, 반도체 및 통신 산업 같은 다세대 기술의 경우 세대별 전환이 빨라서 기술적 불연속성 구간에 대한 정확한 이해는 기술 확산 및 대체의 전체적인 거동을 이해하는데 유용할 것이다. 본 연구에서 제시한 기술적 불연속성을 포함한 기술 거동에 대한 연구는 복수의 기술들이 불연속성 구간에서 어떤 과정을 거쳐서 기술 대체가 발생하고 기술 확산의 전체적인 거동에 어떻게 영향을 미치는지 이해하는데 유용할 것이다.

셋째, 실무적으로도 연구개발 및 마케팅 담당자들이 본 연구에서 도출된 기술적 불연속성 구간에 대한 정의 및 측정 모형을 활용하여 미래 기술의 성능 및 도입 시기 등을 전략적으로 예측하는데 유용하게 활용될 수 있다. 또한 불연속성 구간에 대한 측정을 바탕으로 기존 기술 및 신기술의 주체들이 보유한 기술들의 성능 및 도입 시기 등의 목표를 역으로 도출해낼 수도 있을 것이다.

5.2 향후 연구계획

향후 연구에서 반도체 산업의 사례 외에 다양한 산업군의 사례에 대해 연구를 수행하여 본 연구에서 수립된 모형에 대한 데이터를 축적하여 모형의 적합성을 더욱 보완할 것이다. 또한 다세대 기술외의 다양한 특성의 기술에 대해 기술적 불연속성 현상에 대한 연구를 진행하여 불연속성 현상에 대한 이론을 확장하고자 한다.

References

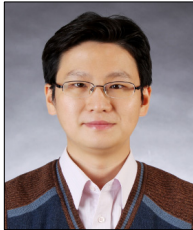
- [1] J. A. Schumpeter, *Capitalism, Socialism, and Democracy*, New York: Harper Brothers, 1942.
- [2] Y. T. Park, *Management of Technological Knowledge for Next Generation Innovation*, Life and Power Press, 2007.
- [3] R. N. Foster, *Innovation: The attacker's advantage*, Summit Books, 1986.
DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-322-83742-4>
- [4] M. A. Schilling, *Strategic management of technological innovation*, McGraw-Hill Education, 2010.
- [5] K. W. Nam et al., "A Study on Technological Forecasting of Next-Generation Display Technology", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 10, no. 10, pp. 2923-2934, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.10.2923>
- [6] P. Anderson and M. L. Tushman, "Technological discontinuities and dominant designs: A cyclical model of technological change", *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no. 4, pp. 604-633, 1990.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2393511>
- [7] E. Ehrnberg, "On the definition and measurement of technological discontinuities", *Technovation*, vol. 15, no. 7, pp. 437-452, 1995.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(95\)96593-1](https://doi.org/10.1016/0166-4972(95)96593-1)
- [8] C. M. Christensen, "Exploring the limits of the technology S curve. Part II: Architectural technologies", *Production and Operations Management*, vol. 1, no. 4, pp. 358-366, 1992b.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.1992.tb00002.x>
- [9] M. Nieto et al., "Performance analysis of technology using the S curve model: the case of digital signal processing (DSP) technologies", *Technovation*, vol. 18, no. 6, pp. 439-457, 1998.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(98\)00021-2](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(98)00021-2)
- [10] R. U. Ayres, "Toward a non-linear dynamics of technological progress", *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 24, no. 1, pp. 35-69, 1994.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(94\)90053-1](https://doi.org/10.1016/0167-2681(94)90053-1)
- [11] P. Kapur et al., "Determining adoption pattern with pricing using two-dimensional innovation diffusion model", *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 21, no. 2, pp. 136-146, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2010.05.001>
- [12] C. H. Park, "A study on technology diffusion trend considering technological performance enhancement and economics : case of technology evolution of 32nm, 22nm, 14nm logic semiconductors", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 18, no. 2, pp. 177-184, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.2.177>
- [13] R. M. Henderson and K. B. Clark, "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms", *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no. 1, pp. 9-30, 1990.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2393549>
- [14] L. Fleming and O. Sorenson, "Navigating the technology landscape of innovation", *MIT Sloan Management Review*, vol. 44, no. 2, pp. 15-24, 2003.
- [15] C. M. Christensen, "Exploring the limits of the technology S curve. Part I: component technologies", *Production and Operations Management*, vol. 1, no. 4, pp. 334-357, 1992a.

DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.1992.tb00001.x>

- [16] K. M. Eisenhardt, "Building theories from case study research", *Academy of Management Review*, vol. 14, no. 4, pp. 532-550, 1989.
DOI: <https://doi.org/10.2307/258557>
- [17] R. K. Yin, *Case Study Research: Design and Methods*, Sage publications, Inc., 2009.
- [18] S. H. Park, "A Study on Diffusion Models Capturing Technological Substitution", *Asia Marketing Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 46-70, 2001.
- [19] N. Siggelkow, "Persuasion with case studies", *The Academy of Management Journal Archive*, vol. 50, no. 1, pp. 20-24, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.5465/AMJ.2007.24160882>
-

박 창 현(Changhyun Park)

[정회원]



- 1998년 2월 : 서울대학교 재료공학 학사
- 2002년 2월 : 서울대학교 공과대학 원 재료공학 석사
- 2015년 2월 : 성균관대학교 공과대학원 기술경영학 박사
- 2002년 2월 ~ 2015년 6월 : 삼성 전자 책임연구원
- 2015년 7월 ~ 현재 : 한국과학기술기획평가원 부연구위원

<관심분야>

기술확산, 비즈니스모델혁신, R&D 예비타당성조사