

## Insight Report

# NEA(Network Environ Analysis)를 이용한 생태계 분석

- SW산업을 중심으로 -





본 저작물은 공공누리 제4유형: 출처표시+상업적이용  
금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.



요 약 .....	1
I. SW산업의 특징 및 현주소 .....	3
II. 산업생태계에 대한 이론적 논의 및 사례 .....	11
III. NEA를 이용한 산업생태계 분석 .....	23
IV. 결론 및 시사점 .....	36
참고문헌 .....	38



## 요 약

### 1 SW의 특징

- OECD(2009)는 SW의 속성을 비체화성, 보완성, 누적성 그리고 짧은 기술주기와 같이 네 가지로 규정
- SW는 전통적으로 경제학적 분석에 기본이 되어 왔던 기존의 전통적인 재화 및 서비스와 비교할 때 네트워크구조, 네트워크 외부성, 규모의 경제, 전환비용(switching cost) 및 잠금 효과(lock-in effect) 그리고 무임승차(free riding)의 문제와 같은 특징들을 가지고 있음

### 2 SW산업의 현 주소

- SW는 창의력·상상력 기반의 창조지식 창출 도구인 동시에, 제품 고도화와 서비스 혁신의 핵심가치로 新패러다임 견인의 주역으로 등장(미래창조과학부, 2014)
  - 시가총액 세계 100대 기업 중 SW기업 비중이 ('90) 15% → ('12) 37%로 급격하게 변화
  - 세계 SW시장(1.3조 달러, '12)은 반도체의 4배, 자동차의 1.5배로 매우 큰 시장
- 국내 SW의 글로벌 경쟁력, 新성장모델 주도는 여전히 미흡하게 발전
  - 특정국가에 종속(미국 - 패키지SW, 독일·일본 - 임베디드SW)이 두드러지고
  - SW기업의 영세성, 핵심 SW기술 경쟁력 약화 등으로 국내 기업의 글로벌 진출은 아직 초기 단계
- 2016년 세계 SW시장은 전년대비 4.4% 성장한 1조 1,734억 달러 규모이며, 한국은 2016년 118억 달러 규모로 세계시장 대비 국내시장 규모가 1.0%에 불과
  - 패키지SW의 경우 0.8%에 불과하고, IT 서비스의 경우 1.0%를 차지하며, 광의의 개념으로 임베디드SW 포함 시, 세계시장 대비 국내시장 규모는 2.2%로 증가

### 3 SW 산업의 구조 변화

- SW 산업 범위가 지속적으로 확대되고 있는데 이는 지식화, 지능화 추세에 따라 산업, 과학, 사회 전반에 걸쳐 SW의 활용이 확대됨에 따라 新SW시장으로 확대 되는 것을 의미
- 新SW산업은 실시간으로 발생하는 대용량 데이터를 분석하는 빅데이터, HW와 SW 자원을 가상화하여 서비스를 제공하는 클라우드, 각종단말기에 음성 등이 인식되는 지능형SW, 기존의 정보보안을 넘어서 타산업과의 융합을 통한 융합보안 등으로 확대

#### 4 NEA(Network Environ Analysis)를 이용한 산업생태계 분석

- 복잡한 경제계(Complex Economic System)에서 경제적 진화과정을 이해하는 데 중요한 분석 분야는 서로 다른 산업부문의 연결도와 공간 그리고 시간선상에서 그 연결의 동태적 변화 또는 동태적 생산의 흐름을 밝혀내는 것임
  - 생태계기반 네트워크에 따른 접근은 산업분석의 한 방법으로서 매우 유용한 수단
- NEA(Network Environ Analysis)는 시스템내 대상들(objects)에 대한 속성을 공식적이고 수량적인 방법으로 나타내는 생태계네트워크분석(ENA; Ecological Network Analysis) 방법의 한 수단
  - NEA는 특정 체계 내에 있는 대상(object)의 흐름(flow)과 영향(effect)을 2개의 'environ' 요소, 즉 투입과 산출 측면에서 2개의 대상들과의 관계에 있어 직접효과와 간접효과를 측정

#### 5 산업생태계 분석 결과

- SW산업의 전반적인 구조는 산업간 연관성이 다른 산업에 비해 크며, 이로 인하여 연결성과 산업부문의 확장성이 상대적으로 큼
- SW산업이 투입 1단위에 대한 초기 효과가 상대적으로 적지만 확장성이 큼. 이는 SW산업의 생태계가 조금 더 복잡한 것에 기인 함
- SW산업은 상대적으로 매우 효율적이며, 생태계의 작동 메카니즘이 효율적으로 작동하고 있음
- SW산업은 IT 산업과 비교해서 상대적으로 간접생산효과가 산업 내에 골고루 배분되고 있으며, 시너지 효과도 더 크고 SW산업간 공생관계를 보여 주고 있음

#### 6 NEA를 이용한 산업생태계 분석 장점 및 한계

- NEA를 이용한 생태계 분석은 시스템 또는 산업의 진화를 살펴 볼 수 있음
  - 한국은행에서 발행하는 I-O table은 매년 발표가 되기 때문에 그 산업의 진화에 따른 생태계의 효율성을 볼 수 있음
- 산업간 생태계 특성을 객관적인 수치로 비교분석 할 수 있음
- NEA를 이용한 생태계 분석, 특히 사회과학적인 측면에서 활용은 아직 미미
- 전향적인 산업의 생태계 분석에 활용이 어려운 단점
  - 각기 다른 산업군이 결합 및 혼재 된 경우, 산업간 융합이 일어나는 융합산업과 같은 경우에 상대적으로 생태계 분석이 어렵고 결과도 애매하게 해석 되는 경향이 있음

## I SW산업의 특징 및 구조

SW산업은 대표적인 지식산업이면서 동시에 개인, 기업 및 정부에 이르는 각 경제주체의 지식 창출과 활용 그리고 파급에 있어서 핵심적 역할을 하는 21세기 지식정보화 시대의 기간 산업으로 다른 산업과 비교 할 때 연구개발 및 지적 노동의 투입이 월등히 높은 지식집약적인 고부가가치산업이다. SW는 산업 혁신의 도구로 ICT 산업은 물론 국가 경제발전과 선진화의 핵심동력으로 작용하여 SW가 新가치창출의 중심이 되는 SW중심사회로의 진행이 가속화되고 있으며, SW창업이 창조경제의 근간으로 성장과 혁신을 주도하고 혁신의 아이콘으로 신산업과 신시장 창출을 지원 할 것으로 기대되고 있다. 본 장에서는 SW가 갖는 속성과 SW산업이 갖는 경제적 특징에 대해 살펴보고, 우리나라 SW산업의 현주소에 대한 동향을 보았다.

### 1. SW산업의 경제적 특징<sup>1)</sup>

SW의 속성을 OECD(2009)는 비체화성, 보완성, 누적성 그리고 짧은 기술주기와 같이 네 가지로 규정하고 있다. 먼저 비체화성이란 일단 개발된 제품 및 서비스가 재생산되기 위해서 지불해야하는 비용이 거의 지불되지 않거나 매우 적은 비용이 소요되는 속성을 말하며, 보완성을 갖는 제품 및 서비스는 다른 제품 및 서비스의 필요성이 존재하며, 다른 제품 및 서비스와 공진화가 필요하게 된다. 대표적으로 SW는 HW제품이 필요하며, 한 SW는 다른 보완적 SW가 필요하게 된다. SW의 또 다른 특성은 누적적 성격이 강하게 존재한다. 완성된 그리고 최근에 개발된 SW는 초기 SW와 매우 다른 형태를 갖게 된다. 그러나 어떤 SW도 초기에 만들어진 SW로 지속됨이 없이 자기강화를 하는 누적성을 갖게 된다. 마지막으로 SW의 특징은 기술주기가 매우 짧다는 점이다. 어떤 SW도 장기간 사용되는 경우가 매우 드물며 SW제품 및 서비스의 수평적인 기술변화와 수직적 기술변화가 매우 빠르게 이루어지는 특성을 가지고 있다.

SW는 전통적으로 경제학적 분석에 기본이 되어 왔던 기존의 전통적인 재화 및 서비스와 비교할 때 네트워크구조, 네트워크 외부성, 규모의 경제, 전환비용(switching cost) 및 잠금 효과(lock-in effect) 그리고 무임승차(free riding)의 문제와 같은 특징들을 가지고 있다. 네트워크 구조란 각 단계 혹은 부문에서의 개별제품은 그 자체적인 효용을 갖기 보다는 네트워크상에서 서로 결합하여 소비자에게 효용을 창출하는 것이다. 네트워크를 구성하는 부문별 소프트웨어들은 동일한 부문 내 타 제품들과는 대체재의 관계를 갖지만 서로 다른 부문의 제품들

1)소프트웨어산업의 특징 및 구조변화에 대한 분석(조병선, 조상섭, 2014) 재인용

과는 보완재 관계를 유지할 수밖에 없는 것이 네트워크 구조가 갖는 특징이다. SW는 단독으로 사용되어서는 경제적인 가치가 존재하지 않고 하드웨어, 응용 애플리케이션, 사용자의 능력 등과 보완적으로 작용하여 하나의 시스템을 구성하여 소비되는 상품이다. Katz and Shapiro(1994)는 이를 시스템 경쟁(system competition)이라 칭하였다. Microsoft사에 의한 SW산업의 독점화는 바로 네트워크 특성에 근거한 지렛대효과라고 이야기 할 수 있다.

네트워크 효과란 특정 네트워크를 사용하는 이용자가 증가 할수록 개별 이용자의 가치(또는 효용)는 물론 네트워크의 총가치(모든 이용자의 가치의 총합)도 급증하는 효과를 의미하는데 이를 네트워크 외부성(network externality)이라 한다(Mankiw, 1994). Katz and Shapiro(1995)는 네트워크 외부성은 직접 네트워크 외부성과 간접 네트워크 외부성의 두 유형으로 구분하고 있다. 직접 네트워크 외부성은 동일 제품을 소비하는 사람의 숫자가 증가하는 것으로부터 직접적으로 초래되는 경우다. 전화나 팩스 등으로 대표되는 텔레커뮤니케이션 네트워크와 온라인 서비스, 인터넷 등이 직접 네트워크 외부성의 전형적인 사례들이다. 간접 네트워크 외부성은 보완재(complementary goods & services)의 숫자나 종류가 증가함에 따라 그 제품의 가치가 증가하는 것이다. 컴퓨터 서비스는 간접 네트워크 외부성의 대표적인 예다. 네트워크의 외부효과는 생산의 관점에서 언급되는 규모의 경제와 비교하여 수요측면에서 발생하는 규모의 경제(economics of scale)로 해석 된다. 외부효과의 반복적 특성은 수요측면에서 규모의 경제를 심화시켜 결국 시장을 독점적 구조로 만드는 원인이 된다. 전 세계적으로 OS 시장은 매우 강한 독점적 시장 구조를 이루고 있으며, 응용소프트웨어의 경우 전체적으로 매우 경쟁적인 시장구조이기는 하지만 개별 소프트웨어의 경우 소수의 제품이 시장을 지배하는 것은 SW시장에서 네트워크 외부성에 기인하는 바가 크다.

규모의 경제란 SW의 생산을 위하여 대규모의 고정비용(fixed cost)이 소요되나 가변비용 및 한계비용(marginal cost)이 거의 들지 않는 특징을 의미한다. SW는 제품이 생산되기 전 연구 개발 단계에 거의 모든 투자가 집중되며, 일단 개발된 SW를 제품의 형태로 대량 생산하는 데에는 대체로 복제 비용 정도의 무시할 만한 한계비용만이 존재한다. 규모의 경제가 존재하는 산업의 경우 독과점적인 산업 구조적 특성이 발생할 가능성이 높다. 왜냐하면 규모의 경제가 존재하는 시장에서는 시장의 '크기'가 매우 중요한 경쟁력으로 작용하게 되어, 더 많은 사용자를 가진 제품이 품질 경쟁력을 갖게 되고, 단위 생산비용이 낮아짐으로 더 저렴한 가격에 제품을 제공할 수 있는 가격 경쟁력을 갖게 된다는 것을 의미한다. 따라서 후발주자가 기존 시장에 진입하기 위해서는 차별화되거나 보다 앞선 기술로 새로운 시장을 창출하는 전략이 매우 중요하다.

또한, SW산업은 사용하는 상품을 전환 할 때 가격이외에 추가적으로 발생하는 비용, 즉 소비전환 비용이 비교적 큰 산업구조를 갖고 있어 전환비용(switching cost) 및 잠금 효과(lock-in effect)가 존재한다. 개인 및 기업 등 소비자가 하나의 SW에서 다른 SW로 바꾸는 경우 비록 기능이 유사하다 하더라도 학습비용이 발생하고 SW가 경험재의 성격을 갖고 있어 정보의 비대칭성으로 인한 높은 전환비용이 발생한다. 이에 따라 SW는 소비자를 기존의 사용 제품에 고착시키는 잠금 효과(lock-in effect)가 작용한다.

SW 개발은 연구개발 경쟁의 성격을 가지면서도 개발된 제품은 쉽게 복사할 수 있으므로 무임승차(free riding)로 인한 시장실패의 가능성을 내포하고 있다. 일반적으로 무임승차로 인한 시장실패(market failure)는 지적재산권을 보호하는 특허제도를 통해 시장실패를 해결하기 위한 제도적 보완장치를 취하고 있다. 그러나 SW의 경우처럼 네트워크 외부성이 있을 때에는 이러한 특허제도가 경쟁기업들 간에 발생하는 네트워크 외부성을 차단하여 기업의 이윤과 소비자의 효용을 떨어뜨릴 가능성이 매우 높다. 특허제도를 도입하게 되면 호환성을 가진 경쟁기업들 간에 나타나는 수요의 외부효과가 사라지게 된다. 따라서 SW산업은 무임승차로 인한 기술개발의 인센티브 저하 문제와 지적재산권 제도로 인한 호환성의 제한으로 감소하는 소비자 효용의 문제를 동시에 고려한 새로운 정책적 대안 모색이 매우 중요한 이슈이다.

## 2. SW산업의 현 주소

SW란 '컴퓨터·통신·자동화 등의 장비와 그 주변 장치에 대하여 명령·입력·처리·저장·출력·상호작용이 가능하게 하는 지시·명령(음성이나 영상정보 포함)의 집합과 이를 작성하기 위하여 사용된 기술서 및 기타 관련 자료'라고 정의 되고 있으며, SW산업은 SW의 개발·제작·생산·유통 등과 이에 관련된 서비스 및 정보시스템의 구축·운영 등과 관련된 산업이라고 정의 되고 있다(소프트웨어산업진흥법 제2조). 그러나 지식정보화 사회에서 IT산업이 타산업의 생산성과 효율을 향상시키는 수단으로 역할이 강조되어 오다, 창조사회에서 IT는 산업, 복지, 교육, 문화 등 경제사회 전 영역에 투입되어 새로운 서비스를 창출하는 핵심 동력으로 강조되기 시작 하였고, 특히 IT산업 중에서도 SW산업은 창조경제에서 핵심적 역할을 수행할 것으로 기대 되었다.

상상력과 창의력 실현의 도구인 SW가 창조경제의 핵심방향으로 부상하는 가운데 SW는 창의력·상상력 기반의 창조지식 창출 도구인 동시에, 제품 고도화와 서비스 혁신의 핵심가치

로 新패러다임 견인의 주역으로 등장하였다. 특히 C-P-N-D의 가치사슬간 연계가 강화되면서 SW는 그 한가운데 있으며, SW경쟁력을 갖춘 기업이 IT시장을 주도하는 추세로 변화하고 있다. 이를 반영하듯이 시가총액 세계 100대 기업 중 SW기업 비중이 ('90) 15% → ('12) 37%로 급격하게 변화하고 있다. 국외시장 변화와 달리 국내 SW의 글로벌 경쟁력, 新성장모델 주도는 여전히 미흡하게 발전하고 있다. 먼저 세계 SW시장(1.3조불, '12)은 반도체의 4배, 자동차의 1.5배로 매우 큰 시장임에도, 특정국가에 종속(미국 - 패키지SW, 독일·일본 - 임베디드SW)이 두드러지고 있으며, SW기업의 영세성, 핵심 SW기술 경쟁력 약화 등으로 국내 기업의 글로벌 진출은 아직 초기 단계에 머무르고 있다. 이를 뒷받침하듯이 매출액 10억원 미만의 중소SW 기업이 전체 SW기업의 과반(50.2%)을 차지하고 있으며, 세계 500대 SW기업 중 국내 기업은 티맥스소프트(295), 핸디소프트(306), 안철수연구소(309), 더존비즈온(310) 등 4개에 불과(IDC, 2013)하다. 또한 기술격차가 운영체제(OS)는 3.27년, 빅데이터 2.63년, 인공지능 1.98년으로 세계적인 SW국가나 기업에 비해 상당한 격차가 있는 것으로 나타났다(미래창조과학부, 2014).

SW산업이 국민경제에 미치는 영향을 보면(표 I-1 참조), 2015년 우리나라 실질경제성장률이 2.6%인데 반해 SW산업 GDP는 전년대비 3.3%의 성장세를 지속하는 것으로 나타났으며, SW산업의 명목 GDP에서 차지하는 비율은 27.3%에 이르는 것으로 나타났다.

표 I-1 SW 산업의 성장률 및 비중

(단위: %)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015
GDP 경제성장률	6.5	3.7	2.3	2.9	3.3	2.6
SW산업 성장률(협의)	0.9	5.8	5.6	5.8	4.7	2.9
SW산업 성장률(광의)	3.1	5.9	5.0	3.7	5.0	3.3
SW산업(협의) 비중	17.6	18.9	20.3	21.2	22.1	23.0
SW산업(광의) 비중	20.9	22.4	23.8	24.9	26.0	27.3

출처: 2015 SW산업 연간보고서(2016) 재인용

산업분류상 SW산업은 패키지SW와 IT서비스로 나뉘며, 광의로 해석 시 임베디드SW를 포함하는 개념으로 사용된다. 2016년 세계 SW시장은 전년대비 4.4% 성장한 1조 1,734억 달러 규모이며, 한국은 2016년 118억 달러 규모로 세계시장 대비 국내시장 규모가 1.0%에 불과하며(2016년 기준), 패키지SW의 경우 0.8%에 불과하고, IT 서비스의 경우 1.0%를 차지하며, 광

의의 개념으로 임베디드SW 포함 시, 세계시장 대비 국내시장 규모는 2.2%로 증가(임베디드 SW의 국내비중은 10.6%임) 한다(표 I-2와 표 I-3 참조).

**표 I-2** | 세계 SW시장 전망

(단위 : 억 달러)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 <sup>E</sup>	2017 <sup>E</sup>
패키지SW	3,168	3,386	3,618	3,899	4,121	4,402	4,694	5,002
IT서비스	5,902	6,038	6,303	6,456	6,650	6,838	7,040	7,255
합계	9,070	9,484	9,920	10,355	10,771	11,240	11,734	12,257

출처: 2015 SW산업 연간보고서(2016)

**표 I-3** | 국내 SW시장 전망

(단위 : 억 달러)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 <sup>E</sup>	2017 <sup>E</sup>
패키지SW	29	31	32	34	37	38	41	43
IT서비스	65	69	71	73	74	76	77	79
합계	94	99	104	107	111	113	118	122

출처: 2015 SW산업 연간보고서(2016)

2015년 광의의 국내 SW산업 수출 규모는 92억 달러로 2014년 85.3억 달러 대비 6억 7천만 달러 증가 하였다. 이는 2010년부터 2015년까지 연평균 25.3% 증가한 수치로 2016년에는 100억 달러를 돌파할 것으로 예상된다.

표 I-4 | 국내 SW산업 수출 현황

(단위: 억 달러)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015
패키지SW	3.0	3.3	8.6	21.1	28.1	27.8
IT서비스	10.4	11.9	16.0	20.9	27.5	32.4
게임	16.1	23.8	26.4	27.2	29.7	31.8
합계	29.5	39.0	51.0	69.2	85.3	92.0

출처: 2015 SW산업 연간보고서(2016)

SW시장의 상대적 규모를 보면, 세계 패키지SW 시장은 423조 원(2012년 기준)으로 휴대폰 시장의 1.5배(279조 원), 반도체 시장의 1.2배(361조 원)에 이르며, 국내 패키지SW 시장은 3.5조원(2012년 기준)으로 세계시장 대비 0.8%에 불과하며, 패키지SW기업 중 매출이 300억을 초과하는 기업이 44개에 불과하고 전체 2,180개의 패키지SW기업 중 50%에 이르는 기업은 연 매출 10억 원 이하이다. 또한 패키지SW기업 중 상위 5개 기업이 세계시장의 41.3%를 차지하며, 국내시장에서는 상위 4개 다국적기업이 32.2%를 차지하고 있고, IT 서비스의 경우 상위 5개 기업이 세계시장의 19.3%를 차지하고, 국내시장은 산업의 특성상 국내 상위 3개기업이 60.3%를 차지하고 있다(표 I-5 참조).

표 I-5 | SW분야별 상위기업 시장 점유율 ('11년 기준)

(단위: %)

구분		1위	2위	3위	4위	5위	합계
패키지SW	세계	MS 17.8%	IBM 8.7%	Oracle 8.1%	SAP 4.8%	Symantec 2.0%	41.3%
	국내	MS 10.8%	Oracle 9.7%	IBM 7.0%	SAP 4.7%	더존비즈온 2.8%	35.0%
IT서비스	세계	IBM 7.1%	HP 4.2%	Fujitsu 3.0%	Accenture 3.0%	CSC 1.9%	19.3%
	국내	삼성SDS 28.1%	LG CNS 18.5%	SK C&C 13.7%	IBM Korea 6.6%	KT 5.4%	72.2%

출처: IT산업 주요통계(2013)

또한, SW산업 범위가 지속적으로 확대되고 있는데 이는 지식화, 지능화 추세에 따라 산업, 과학, 사회 전반에 걸쳐 SW의 활용이 증대됨에 따라 新SW시장으로 확대 되는 것을 의미한다. 전통적으로 SW산업을 독립형(패키지SW), 중간재(임베디드SW), 부속형(IT서비스)으로 나누었으나, SW가 지적자산과 접목하여 기존 산업의 고부가가치화, 산업간 융합을 통한 산업경쟁력 강화, 그리고 산업, 과학, 사회 전반에 걸쳐 활용되면서 새로운 거대 新SW산업을 창출하면서 SW산업은 지식집약적 고부가가치산업으로 새로운 성장 동력으로 부상하고 있다.

新SW산업은 기존의 IT서비스와는 달리 실시간으로 발생하는 대용량 데이터를 분석하는 빅데이터, HW와 SW 자원을 가상화하여 서비스를 제공하는 클라우드, 각종단말기에 음성 등이 인식되는 지능형SW, 기존의 정보보안을 넘어서 타산업과의 융합을 통한 융합보안으로 확대되고 있으며, 이외에도 자연스런 UI/UX 기술 및 가상 및 증강 현실을 제공하는 실감SW, 웨어러블 컴퓨팅, 의류형/신체부착형 컴퓨팅과 같은 휴먼/미래 컴퓨팅, 기존의 응용SW의 기능이나 성능을 고도화하거나 혁신적 개념의 SW나 앱으로 발전시키는 응용고도화 SW, 스마트 기기에 내장되어 구동하는 기기내장형 SW 분야 등으로 발전하고 있다. (표 I-6)은 이러한 新SW산업에 대한 시장 전망을 정리 한 것이다.

표 I-6 新SW시장전망

(단위: 억 원, %)

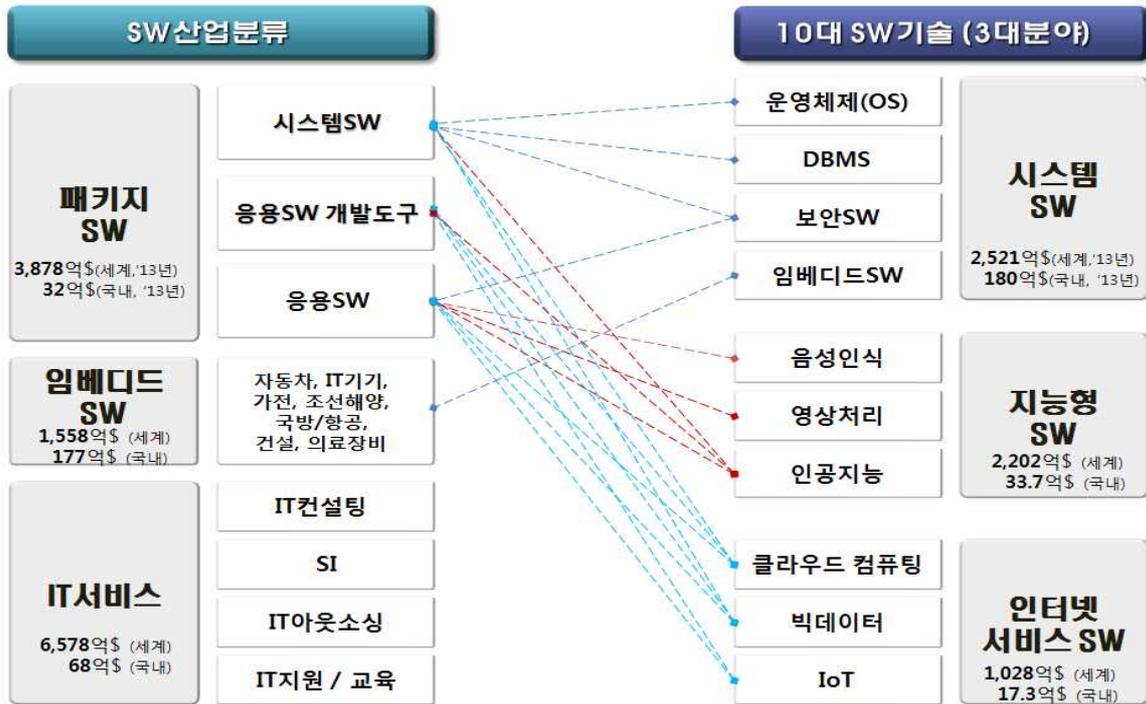
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR
빅데이터	12,321	13,688	17,207	30,609	33,086	36,707	21.9%
클라우드	21,308	26,378	33,120	41,845	46,921	52,445	19.7%
지능형SW	5,236	6,132	7,116	8,220	9,528	10,920	15.8%
정보보안	55,405	69,195	83,246	100,804	123,354	153,454	22.6%
합계	94,269	115,393	140,689	181,478	212,889	253,526	21.9%

출처: SW성과와 향후과제(2012)

SW산업은 사용자의 욕구를 만족하기 위하여 기존 플랫폼(Platform)을 바탕으로 빠른 기술개발에 힘입어 새로운 분야가 등장하는 대표적 ICT산업이다. 특히 최근 SW산업 트렌드가 고성능 및 대용량화, 융합 및 지능화 그리고 초연결성이 강조되는 방향으로 발전되고 있어, 크게 시스템 SW, 지능형 SW 그리고 인터넷 SW부문으로 산업분할이 추진되고 확정되면서, 각각의 SW부문별로 서로 다른 성장형태를 보여주고 있다(그림 I-1 참조).

그림 I-1

SW중심사회구현을 위한 SW산업의 구조 변화 및 산업확정



출처: 선도형 SW R&D 추진 전략(2014)

## II 산업생태계에 대한 이론적 논의 및 사례

에코시스템(ecosystem) 또는 생태계의 백과사전적 정의는 상호작용하는 유기체들 및 그들과 서로 영향을 주고받는 주변의 무생물 환경을 묶어서 부르는 말이다. 같은 곳에 살면서 서로 의존하는 유기체 집단이 완전히 독립된 체계를 이루면 이를 '생태계'라고 부를 수 있다. 이 말은 곧 상호의존성과 완결성이 하나의 생태계를 이루는 데 꼭 필요한 요소라는 뜻이다.

산업분석 기법으로 생태계 개념을 적용하여 여러 분야에서 다양한 연구가 진행되고 있다. 산업생태계에 관한 선행 연구는 산업의 가치 창출 구조와 경쟁 전략 등을 다루는 Michael Porter의 '가치사슬'(value chain, 1985) 이론에서 시작하고 있으며, 그밖에 '가치 네트워크'(value network), '비즈니스 생태계'(business ecosystem) 이론 등을 들 수 있다. 최근에는 산업분석 방법으로 네트워크 접근방법의 필요성이 제기되어 네트워크생태계접근방법이 시도되기도 한다(Ulanowicz, 2012).

생태계를 에너지의 흐름이며, 내부적으로 에너지를 보존하고, 외부적으로 에너지를 수혈 받는 하나의 체계로 볼 때 현재의 IT 산업/시장은 생태계의 특징을 잘 나타내고 있다고 볼 수 있다. 제품보다는 네트워크, 공급보다는 수요 측면이 더 중요하고, 협력적 경쟁 및 공진화의 중요성이 커지고 있는 산업 환경에서 생태계 분석 방법은 매우 유용하게 적용될 수 있다. 이러한 산업생태계 개념은 J. F. Moore(1996, 2006)에서 찾아볼 수 있고, 이후 Marco Iansiti(2004, 2006)는 IT산업 생태계의 구조와 성과를 측정하였고, Fransman(2010)은 계층(layer) 모델을 도입하여 산업생태계의 공생적 관계를 설명하는 이론을 제시하였다.

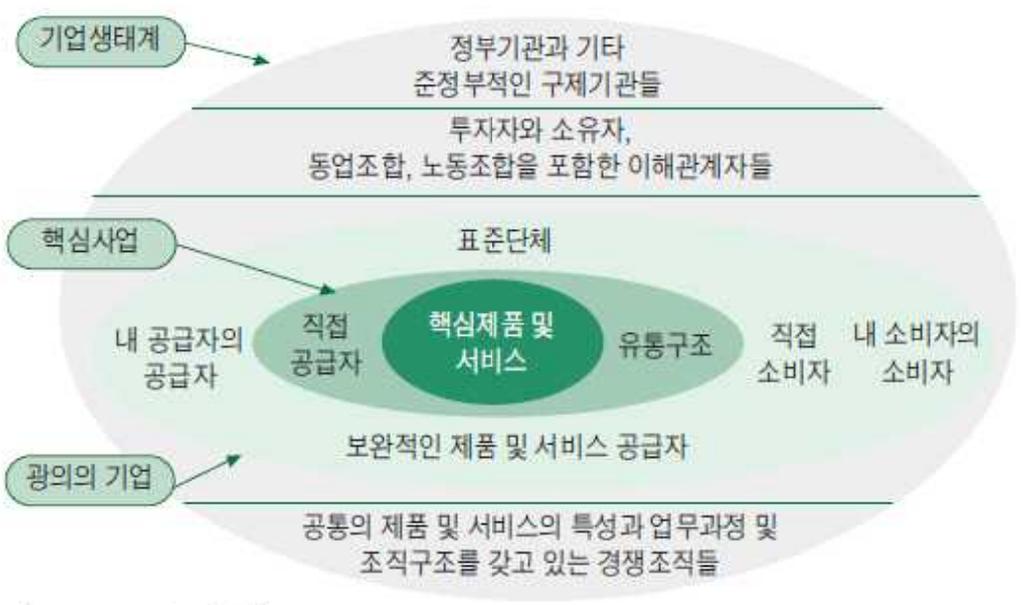
SW산업의 경우 독립적인 다른 산업과는 달리 결국 HW와의 결합, 그리고 네트워크와의 결합을 통해 상호작용을 하게 된다. 이러한 관계는 단순 밸류체인과 같은 선형적인 관계가 아닌 다양하고 복합적인 방향성을 갖는 관계라 할 수 있다(김승현 외, 2014). 따라서 생태계 기반 가치네트워크에 따른 접근 방법 등이 활용되기도 한다.

# 1. Moore의 비즈니스 생태계

Moore(1996)에 의해 비즈니스적 생태계 개념이 처음 도입되어 다양한 기업, 혁신, 산업을 이해하는 유용한 도구로 활용되어 왔다. 비즈니스 생태계란 사업과 이해관계를 가진 조직과 개체들로 구성된 경제적 공동체를 의미하며, 이 공동체는 제품과 서비스를 생산해 고객에게 가치를 전달하게 되는데, 생태계 구성원에는 소재 및 부품 공급자, 선도 생산자, 경쟁자 및 기타 이해관계자와 고객까지도 포함되는 개념이다.

비즈니스 생태계 관점은 생물 생태계의 개념을 빌려 기업 경영자의 산업 또는 시장에 대한 인식을 개체와 생태계의 관계로 바라보도록 하며, 생태계 내 가치의 공유와 공진화로 시장 변화를 이해하도록 한다. Moore는 기존 조직구조를 시장(market)과 계층(hierarchy)의 관점에서 분석하고 세 번째 조직 유형으로 생태계 (ecosystem)를 제시하였다. 또한 Moore는 시장지배력(market power)과 선도기업(leading firms), 과도한 집중(excessive concentration) 등의 전통적인 정부정책 및 규제의 관점을 비즈니스 생태계에 맞게 재정의 하고 규제적 모델의 개발 필요성을 강조하였다(Moore, 1996; 손상영 외, 2007).

그림 II-1 Moore의 전형적인 비즈니스 생태계

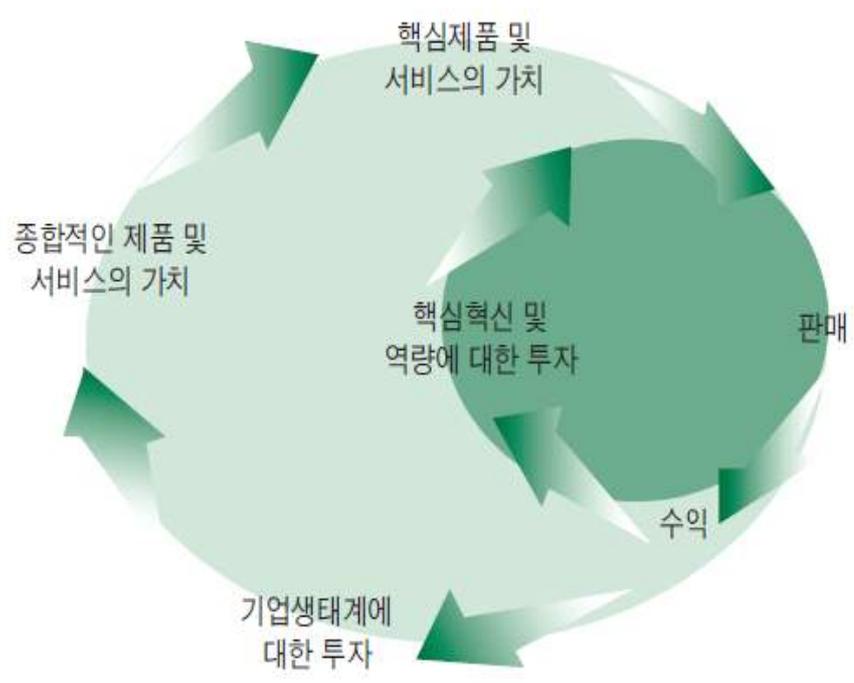


출처: Moore(1996), p.27; 이경숙·김종기·모정윤(2012), p.39에서 재인용

비즈니스 생태계는 특정 산업군의 제품 또는 서비스를 생산하는 주요 기업들뿐만 아니라 소재 및 부품을 공급하는 공급자와 완제품을 제공받는 수요자, 경쟁자 및 보완재를 생산하는 업체들까지 산업 환경 내의 모든 이해관계자들이 생태계의 유기체들처럼 긴밀하게 연결되어 있어, 서로 상호작용하는 시스템 또는 경제공동체로 정의할 수 있다.

생태계의 핵심역량은 핵심제품이나 서비스로 구체화되며 강력한 규모의 경제 실현이 가능해야 한다. 기업이 축적한 종합적 경험은 궁극적으로 고객에게 제공되어야 하며, 수익은 역량 강화와 미래를 위해 재투자되어 혁신 궤도가 만들어진다. 수익은 생태계 자체의 리더십과 지원을 위해 사용되며, 제휴공동체 발전 활동, 지속적인 혁신, 표준 제정 등에 투자되면서 제휴관계 유지에 대한 확신을 형성하게 된다. 이와 같은 투자와 수익이 선순환으로 통합되면서 제휴 공동체 간의 확장된 관점에서 제2의 혁신궤도가 만들어지면서 이중 고리를 형성한다 (Moore 1996; 정은미 외 2011).

그림 II-2 | 산업생태계의 혁신 궤도와 이중고리



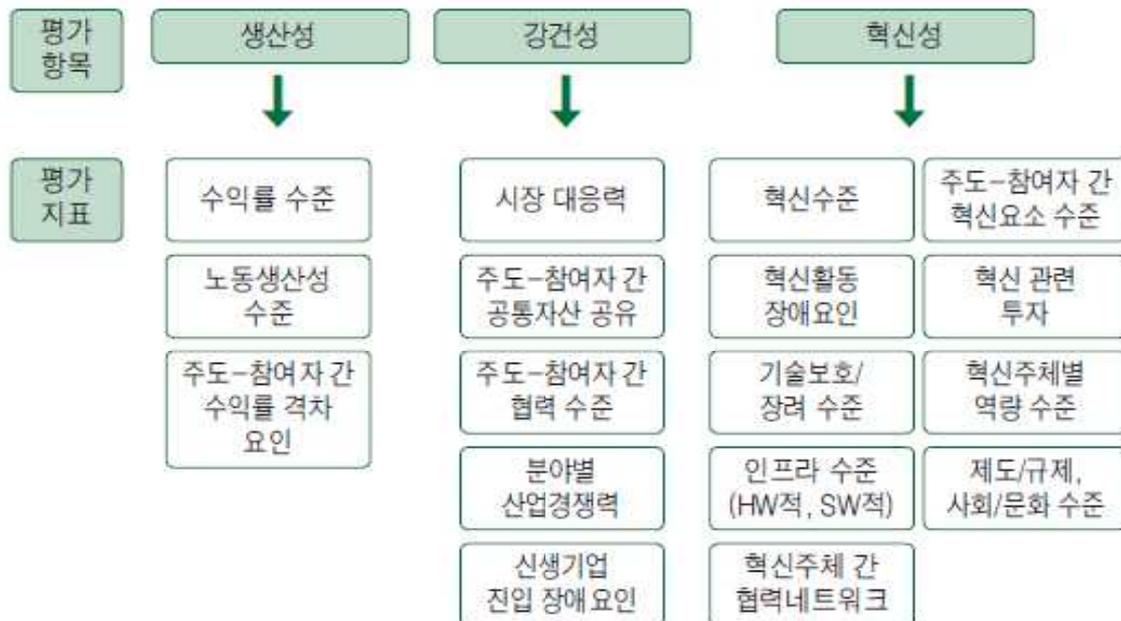
출처: 정은미 외 (2011); 이경숙·김종기·모정윤(2012), p.41에서 재인용

## 2. Iansiti의 산업생태계 건강성 평가론

Iansiti(2004, 2006)는 IT산업을 일종의 비즈니스 네트워크로 보고 IT생태계의 구조와 특징을 설명하고, 건강성(healthy)을 측정하기 위한 방안을 제시하였다. Iansiti는 IT생태계의 영역을 크게 IT HW와 SW, 서비스 분야로 구분하고 각 영역별로 하위산업을 규정하고 있다. IT생태계의 각 분야는 전체 경제에서 독립되어 있는 것이 아니라 다양한 방법으로 상호작용하고 있다는 점을 강조하고 있다. Iansiti는 IT생태계 내 모든 참여자들의 역할은 다르지만 서로 의존적이며, 애플리케이션 및 플랫폼 제공자는 생태계 내에서 다른 참여자보다 중요하고 특별한 역할을 수행하는 것으로 보고 있다.

Iansiti(2004)는 참여자들에게 지속적인 성장 기회를 제공하고 소비자에게 제공하는 가치를 증가시키는 생태계를 건강한 생태계라고 정의하고 있다. 그리고 산업생태계의 건강성과 경쟁력 평가 지표로서 '생산성(productivity),' '강건성(robustness),' '혁신성(innovation) 또는 신시장 창출능력(niche creation)을 제시하였다.

그림 II-3 Iansiti이론을 바탕으로 한 국내 IT 생태계 평가지표



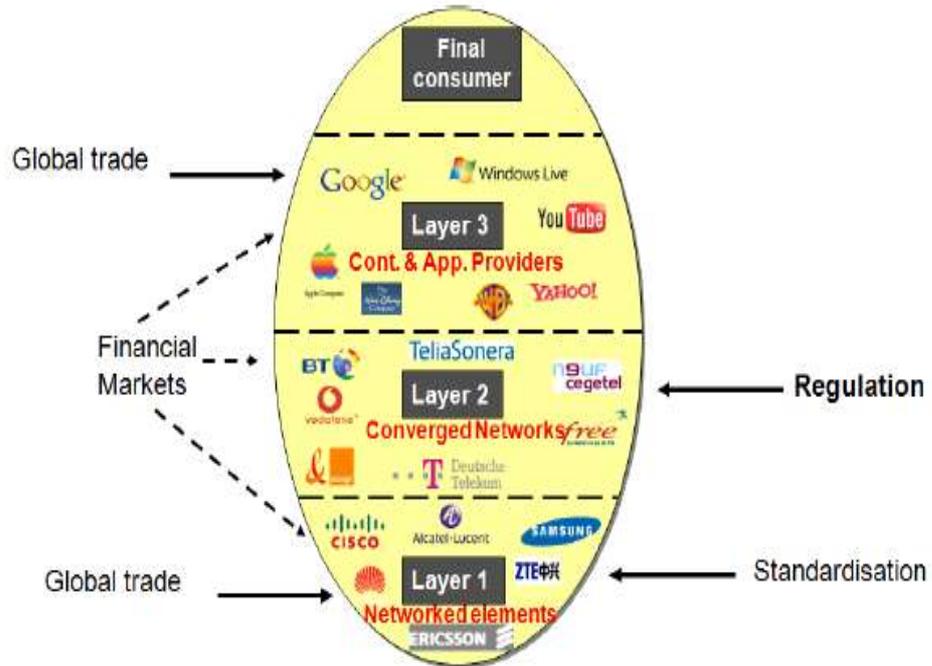
출처: 이경숙·김종기·모정윤(2012), p19

강건성은 생태계가 외부 환경의 변화에도 흔들리지 않고 대처할 수 있는 능력으로 IT 소비자들에게 가치 있는 제품을 제공할 수 있는 원천이며, 생산성은 생태계의 혁신을 통해 비용을 절감하고 신제품을 만드는 가치창출의 원천이다. 건강한 산업생태계는 높은 생산성과 강건성이 필수 요소로서, 높은 생산성을 가진 혁신적 구성원들이 낮은 생산성을 가진 기존 구성원들을 대체할 때 생태계 전체의 생산성이 높아지게 된다. 혁신성 또는 신시장 창출 능력은 다양한 시장의 요구에 적극적으로 대처하기 위해 새롭게 등장한 기술을 수용해서 다양한 비즈니스나 제품에 흡수되어 나타나도록 하는 능력을 의미한다.

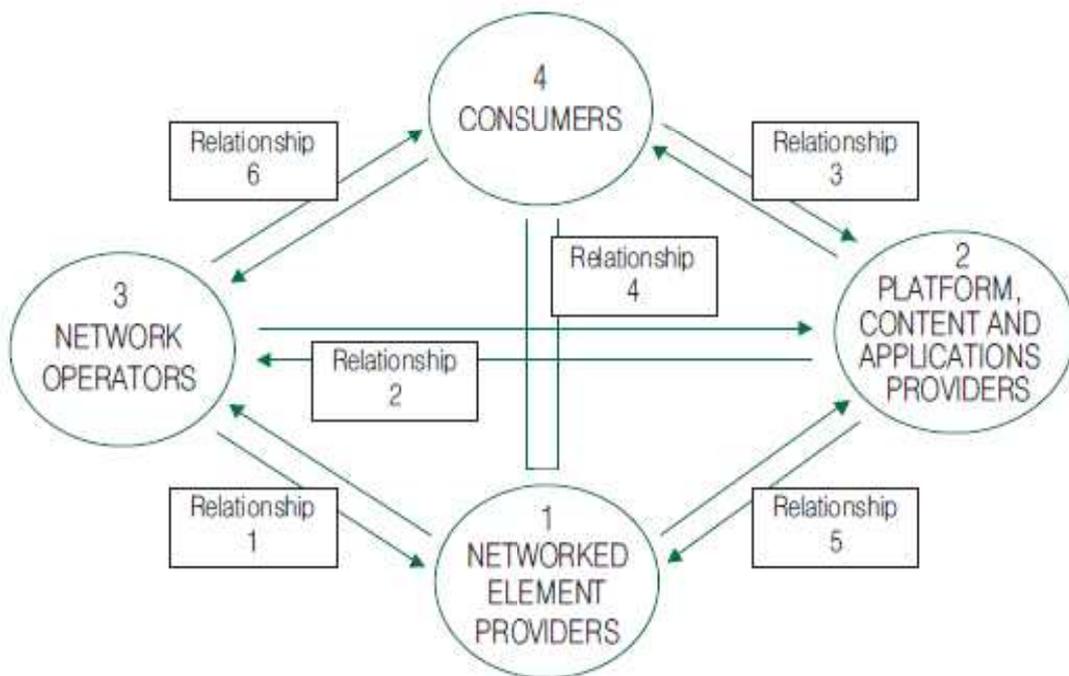
### 3. Fransman의 ICT생태계 계층모델(ELM)

IT산업 생태계에 대한 여러 선행 연구 가운데 Martin Fransman(2010)의 ICT생태계 계층 모델(ELM, Ecosystem Layer Model)이 대표적이라 할 수 있다. Fransman은 인터넷의 급속한 확산이 ICT산업을 변화시키고 있으며, 이에 따라 새로운 ICT생태계가 나타났다고 주장한다. 또한 이러한 생태계가 어떻게 작동하고 변화하는지를 설명하기 위해 슈페터의 혁신론과 다윈의 진화론을 기반으로 ICT생태계 계층모델을 제시하였다. 기본적인 ELM 모델은 6개의 계층 즉, 네트워크 요소, 네트워크 운영, 연결성, 미들웨어, 콘텐츠·애플리케이션·서비스, 최종 소비자이다. 이후 ICT 산업환경의 변화 등을 고려하고 생태계의 실제 분석을 위해서 '네트워크 구성요소-네트워크 사업자-플랫폼-콘텐츠·애플리케이션-소비자' 등 4개의 계층 모델로 단순화하였다. 각 계층들은 상호 관계를 통해서 공생 발전한다고 보았으며, 이를 기반으로 혁신, 투자와 통신규제의 역할 등에 대해 설명하고 있다.

Fransman은 혁신시스템으로서의 ICT생태계를 강조하고 있다. 여기서 혁신의 개념은 신규(개선) 제품이나 서비스 창출, 신규(개선) 프로세스나 생산방식 창출(기술, 소재, 운송 등), 신규(개선) 조직 창출 및 신시장 창출 등이다. 혁신 역량은 이러한 4개 분야 중에서 국제 경쟁력을 가지는 한 개 이상의 성과(output)를 창출하는 능력을 의미한다. 혁신은 기업 단독으로 이루어지기도 하고, 2개 이상의 기업과 협력, 연구소, 대학, 혁신활동을 지원하는 금융기관 및 표준화 제도 등을 통해 이루어진다. ICT생태계가 지속적인 변화를 통해 존속하기 위해서 혁신은 필수적이며, 이런 관점에서 ICT생태계는 혁신시스템이라고 주장한다.



출처: Fransman(2010), p.9



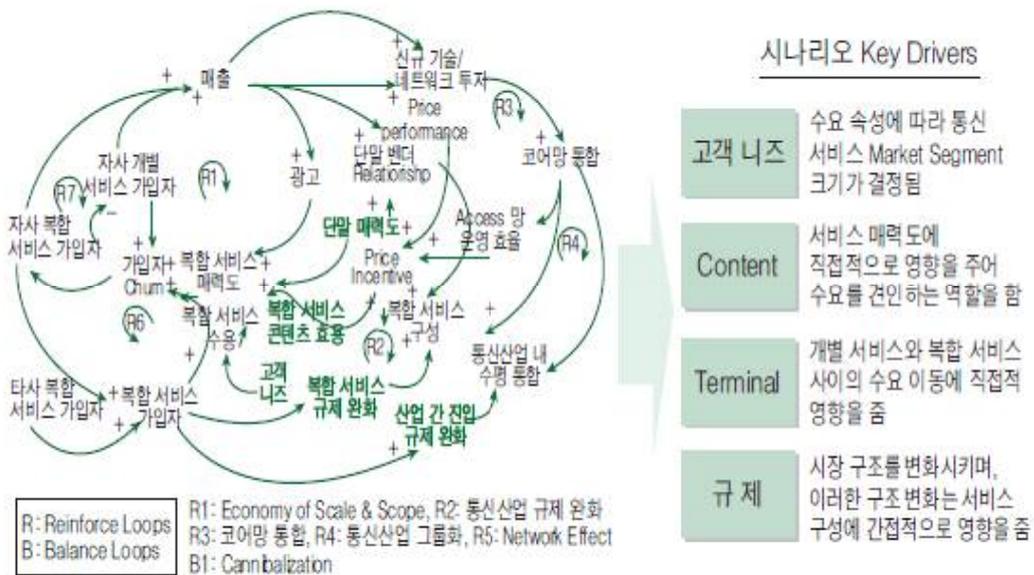
출처: Fransman(2010); 이경숙·김종기·모정윤(2012), p.51에서 재인용

## 4. 디지털 생태계의 동태적 분석

신민수(2010, 2012)는 국내 IT산업 생태계의 활성화를 위해 디지털 생태계 비즈니스 모델의 구성 방법과 수익배분 방법, 복잡계 이론 접목 가능성, 규제 정책 등 고려해야 할 전략적 이슈를 제시하고 있다. 디지털 생태계 환경에서의 비즈니스 모델은 계층(layer) 구분 없이 상호 복잡하게 연계된 형태의 비즈니스 모델이 구성된다. 이러한 생태계 환경에서 다수의 기업들은 다양한 산업 영역에서 새로운 관계를 형성하고 생존과 진화를 위해 경쟁적인 가치 창출 활동을 하게 된다.

단기적 관점에서 디지털 생태계의 동태적 분석을 통해 고객 니즈, 콘텐츠, 단말, 규제 등과 관련된 핵심 동인을 도출할 수 있고 이러한 과정을 통해 차별화된 전략 수립을 모색해야 한다. 규제는 시장구조를 변화시키고 이러한 구조 변화는 서비스 구성에 간접적으로 영향을 준다. 지금까지의 산업 환경에서는 기술과 가격 등이 중요한 경쟁요소였으나, 디지털 컨버전스 산업 환경 하에서는 참여자들의 경쟁과 협력의 필요성이 높아지고 생태계 전체 관점에서의 수익 배분이 중요해 지고 있다(장석권 외 2007; 신민수 2012).

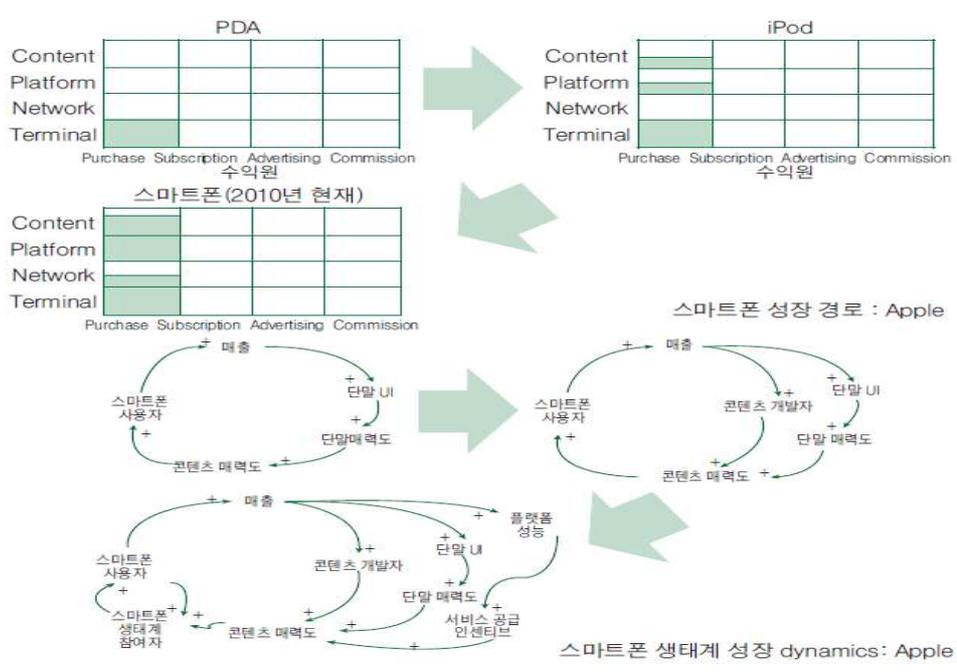
그림 II-6 | 디지털 생태계 동태적 분석모델



출처: 장석권 외(2007); 이경숙·김종기·모정윤(2012), p.67에서 재인용

신민수(2010)는 스마트폰 생태계 진화의 세 가지 기본 축을 제시하였다. 첫째, 하드웨어-소프트웨어-콘텐츠 및 서비스로 연결되는 수직체계의 효율적 통합, 둘째, 커넥티드 단말 (connected device) 및 개방형 애플리케이션 시장 확산에 따른 스마트폰 기반 콘텐츠와 서비스 유통구조 혁신, 셋째, 소비자 참여형 혁신에 따른 새로운 소비자 경험 제공 여부 등이다. 이러한 세 가지 기본 축으로 생태계가 성장하면서 단말기 진화, 네트워크 고도화, 그리고 콘텐츠가 확대되고, 플랫폼의 고도화로 이어지는 선순환 구조가 더 강력해지는 방향으로 진화할 것이라고 보고 있다.

그림 II-7 | 스마트폰의 성장경로와 스마트폰 생태계 성장 dynamics



출처: 신민수(2010); 이경숙·김종기·모정윤(2012), p.71에서 재인용

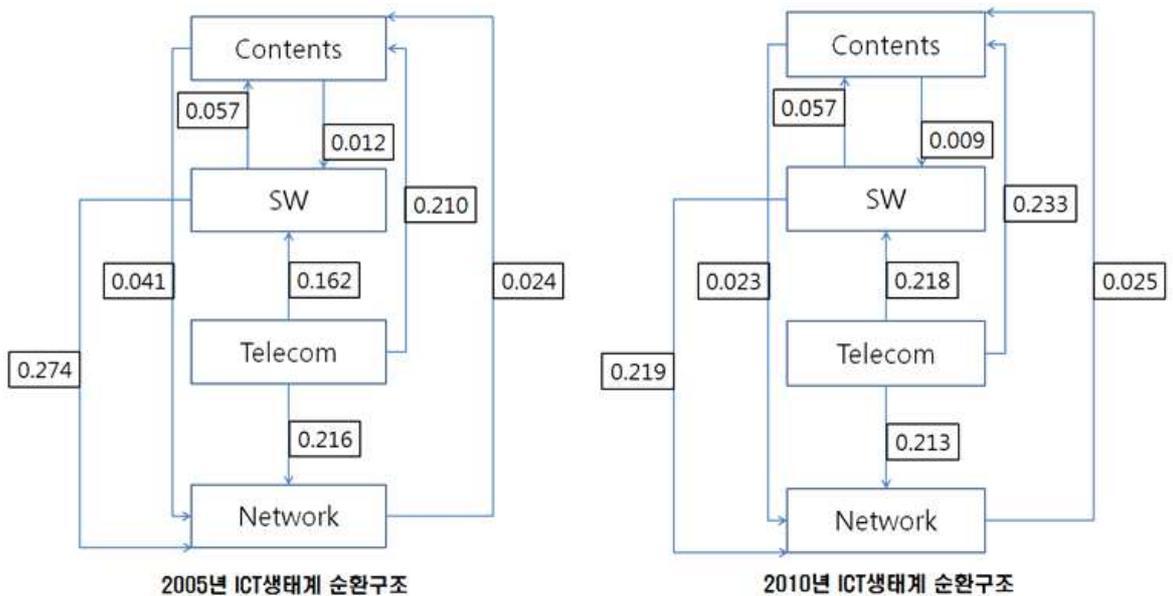
## 5. ICT 네트워크 생태계 분석

조상섭(2013)은 ICT산업을 네트워크 구조로 인식하고 그 구조와 속성에 대해 부문간의 상호작용에 대한 양적 정보와 서로 상호작용하는 방향을 파악하여 중요한 산업속성과 형태적 구조를 파악하고 전체산업의 위치와 진화를 이해하고자 하였다. 즉 ICT산업을 구성하는 대표적 4개 계층부문 간에 경제적 생산물의 흐름과 ICT산업의 외부적 요인으로부터 생태계의 투입과 산출의 흐름을 분석하여, ICT산업의 네트워크 생태계에 대한 건전성과 안전성평가를

네트워크분석방법에 기초한 계량적 모형에 기초하여 측정하였다.

ICT 산업의 네트워크생태계 모형을 네트워크, SW, 디바이스, 콘텐츠의 4개 계층(layer)로 보고 전반적인 네트워크 생태계 구조, 투입산출구조, 순환구조를 분석하였다. 2005년도와 2010년도 순환구조를 분석한 결과 몇 가지 특징을 발견하였다. 그림에서 보듯이 순환구조에서 텔레콤계층의 중요성이 상당히 크게 나타났다. 둘째 SW계층과 네트워크 계층간에 순환구조가 상당히 강하다는 것이다. 셋째, 2005년에 비하여 2010년도에 순환구조가 보다 강화되었다는 사실이다. 이를 뒷받침하는 정량적 수치는 Finn의 총량적 ICT생태계순환지수가 2005년도에 0.4394에서 2010년도에 0.4566으로 증가된 것을 통해 확인 할 수 있다.

그림 II-8 한국의 ICT 생태계 순환구조

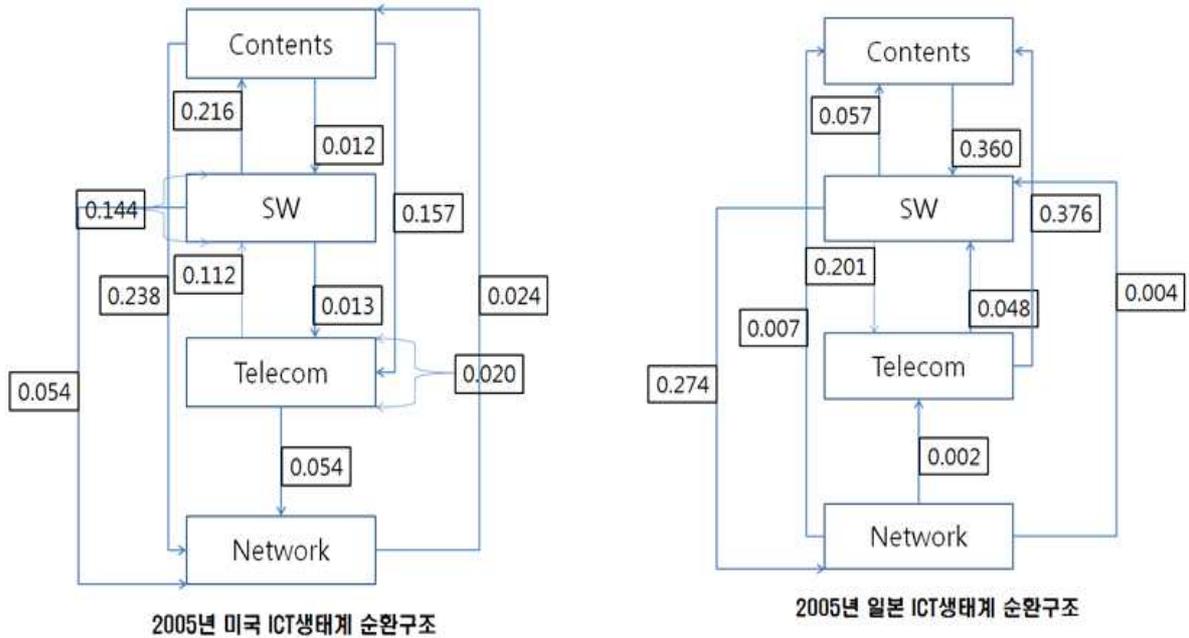


출처: 조상섭(2013) p. 48 - p.49

또한 미국과 일본의 ICT 생태계 순환구조를 살펴본 결과 미국 ICT생태계의 순환구조특징은 SW와 콘텐츠계층의 순환이 활발하다는 것이다. 다른 한 편으로 SW계층과 텔레콤계층에서 자기 순환과정이 발생하고 있다는 것이다. 일본의 ICT생태계의 순환구조의 경우도 미국의 경우와 유사하게 SW계층과 콘텐츠계층의 순환기능이 강하다는 것이다. 그러나 미국의 ICT생태계 순환구조와 다른 특징은 자기순환기능이 보이지 않는다는 것이다. 마지막으로 전체 ICT생태계의 순환정도를 나타내는 Finn순환지수는 미국이 0.439이며, 일본이 0.624로 나타났다.

Finn순환지수의 측면에서 평가할 때, 일본의 ICT생태계가 미국의 ICT생태계보다 순환성에서 활발함을 보여준다.

그림 II-9 미국과 일본 ICT 생태계 순환구조 비교



출처: 조상섭(2013) p. 53

조상섭(2013) 분석결과를 요약하면 우리나라 ICT생태계는 텔레콤계층을 중심으로 생산물이 흐르고 있다. 반면 미국의 경우에는 SW계층과 콘텐츠계층이 그리고 일본의 경우에는 콘텐츠와 SW 그리고 텔레콤계층 사이에 적절한 균형에 의하여 생산물흐름이 이루어지고 있다는 것이며, 전체 ICT생태계의 건전성 측면에서는 미국과 일본과 달리 우리나라 ICT생태계는 효율성 중심의 생태계구조를 나타냈다. 반면 미국과 일본의 ICT생태계는 효율성과 복원성의 균형이 이루어진 생태계구조를 나타냈다는 것이다.

표 II-1 한국의 2005년도 및 2010년도 ICT 생태계 비교분석

평가기준	2005	2010	평가
생태계 의존	통신서비스	통신서비스	자원사용 허브
생태계 기여	통신서비스	통신서비스	자원제공 허브
생태계 순환	통신서비스	통신서비스	순환지수증대
생태계 건전	효율성지배	효율성지배	약간 복원성회복
생태계 강건	0.48	0.5	약간 강건성증대
생태계 반응	통신서비스	통신서비스	디바이스 증대
생태계 지속	디바이스	디바이스	동일 계층

출처: 조상섭(2013) p. 60

표 II-2 2005년도 기준 국가별 ICT 생태계 비교분석

평가기준	우리나라	미국	일본
생태계 의존	통신서비스	SW	통신서비스 (콘텐츠)
생태계 기여	통신서비스	콘텐츠	SW
생태계 순환	통신서비스	SW	콘텐츠
생태계 건전	효율성지배	효율성과 복원성	복원성지배
생태계 강건	증대추이	-	-
생태계 반응	통신서비스	콘텐츠	디바이스
생태계 지속	디바이스	콘텐츠	디바이스

출처: 조상섭(2013) p. 61

### Ⅲ NEA를 이용한 산업생태계 분석

복잡한 경제계(Complex Economic System)에서 경제적 진화과정을 이해하는 데 중요한 분석 틀은 서로 다른 산업부문의 연결도와 공간 그리고 시간선 상에서 그 연결의 동태적 변화 또는 동태적 생산의 흐름을 밝혀내는 것이다. 따라서 산업분석의 기법으로 생태계 개념을 적용한 연구는 매우 중요한 의미를 갖는다. 현대경제는 특화된 생산단위들의 복잡한 상호 연결망이다. 개별 산업단위는 생산을 산출하기 위하여 다른 중간재공급자의 생산물에 의존하며, 다시 후방생산자에게 생산물을 제공하는 복잡한 상호연결구조로 이루어져 있다.

생태계를 에너지의 흐름이며, 내부적으로 에너지를 보존하고, 외부적으로 에너지를 수혈 받는 하나의 체계로 볼 때 현재의 IT 산업/시장을 하나의 생태계로 볼 수 있다. IT산업의 진화는 관련된 부문과 주체들의 다양성과 연결과정의 변화이며, 주어진 시간과 주어진 장소에서 어떤 선택이 매우 중요한 작동방식이 된다. 제품보다는 네트워크, 공급보다는 수요 측면이 더 중요하고 협력적 경쟁 및 공진화의 중요성이 커 다양하고 복합적인 방향성을 갖는 관계라 할 수 있다. 따라서 생태계기반 네트워크에 따른 접근은 산업분석의 한 방법으로서 매우 유용한 수단이라고 할 수 있다.

NEA(Network Environ Analysis)는 시스템내의 대상들(objects)에 대한 속성을 공식적이고 수량적인 방법으로 나타내는 생태계네트워크분석(ENA: Ecological Network Analysis) 방법의 한 수단이다. NEA는 시스템이 노드(node)와 노드간의 연결(connection)로 표현되는 네트워크라 가정하고 네트워크내의 노드간의 흐름(flow) 및 연결(link)의 방향, 강도, 상호관계를 측정하는 분석이다. NEA는 특정한 체계(specified system) 내에 있는 대상(object)의 흐름(flow)과 영향(effect)을 2개의 environ 요소 즉 투입과 산출의 측면에서 2개의 대상들과의 관계에 있어 직접효과와 간접효과를 측정한다. NEA는 생태계내의 시스템 레벨의 성향, 즉 간접효과 비율, 동질성, 시너지 비율, 공생관계와 같은 일련의 네트워크 통계수치(network statistics)를 나타내는데 매우 유용한 분석 도구다.

경제학에서 많이 이용되는 투입-산출의 산업연관표를 보면 각 산업을 대상(object) 또는 노드로 볼 수 있고 산업연관표에서 알 수 있듯이 산업연관표의 계수들을 각 노드의 연결(interconnection)이라 볼 수 있고, 투입벡터와 산출벡터를 2개의 environ 즉 투입과 산출로

본다면 투입-산출표를 을 이용한 NEA 분석은 생태계 분석에 매우 유용한 자료로 활용할 수 있다.

## 1. 산업생태계 자료구축

산업생태계는 산업부문들 사이에 존재하는 에너지 즉 생산물, 화폐적 교환 또는 정보의 흐름과 축적의 상호작용을 나타내는 산업체계로 정의된다(Hannon, 1973 참조). 이 정의에 알맞게 산업생태계를 구축하기 위해서 산업연관표를 바탕으로 기존 생태학에서 분석할 수 있는 자료형태로 전환해야 한다. 산업생태계분석에 사용하는 자료형태는 다음과 같다.

$$\Delta = \begin{bmatrix} F_{n \times n} & z_{n \times 1} & x_{n \times 1} \\ y_{1 \times n} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

여기서  $F$  행렬은 정상적인 상호연관성을 나타내는 생산물흐름행렬을 말하며,  $z$ 는 생태계에 새롭게 투입되는 투입물을 나타낸다.  $x$ 는 생태계에 축적되는 축적량을 나타낸다. 투입-산출표에서 축적량은 고정자본과 재고량을 말한다. 마지막으로 해당 생태계에서 산출되는 생산량은  $y$ 로 나타낸다.

산업생태계분석을 위하여 구축해야하는 중요한 자료생성단계는 정상적 산업생태계(Steady State Ecosystem)를 생성하여야 한다는 데 있다. 즉 주어진 투입산출표가 바로 산업생태계를 분석하는데 적합한 구축자료로 전환되지 않으며, 재균형과정(Rebalancing Procedure)을 적용하여 적합한 산업생태계로 전환해야함을 의미한다.

산업생태계분석은 서로 다른 산업부문의 연관관계를 분석하여 산업생태계의 특성을 조사하는 응용분야이다. 그러나 핵심적 산업생태계 분석조건으로 전체적으로 산업생태계가 정상적 상태(즉 장기적 균형관계가 충족)라는 사전분석조건이 충족되어야 한다. 이와 같은 사전적 분석조건을 간단하게 수리적으로 기술하면 다음과 같다.

$$\frac{dx_i}{dt} = 0, \quad \forall x_i \in S$$

여기서  $x_i$ 는 산업생태계  $S$ 에 속하는 산업부문을 말한다.

앞에서 언급하였듯이, 산업생태계를 분석하는 기본적 산업자료는 투입산출표이며, 산업생태계분석의 기초자료 구축과정은 경제적 자료를 바탕으로 다양하게 산업에 대한 가정에 기초하여 총계 또는 분리과정이 이루어지기 때문에 정상적 상태를 만들기 힘들다. 일반적으로 산업생태계를 분석하기 위하여 안정화된 정상상태의 산업생태계자료를 구축하는 방법은 몇 개의 산업부문에 대한 흐름을 조정하는 방법이 제안된다.

대표적으로 Allesina et al, (2003)은 생태계분석을 위한 정상상태 생태계의 분석행렬을 구하는 몇 가지 방법을 제시하고 있다. 연구결과에 따르면, 투입기반의 재구성과 산출기반의 재구성 행렬을 적절하게 조합한다면, 원 자료구성의 큰 훼손 없이 정상상태 생태계행렬을 구할 수 있는 방법임을 보여주었다. 본 연구에서는 이들이 제시한 방법을 따라서 산업생태계자료를 구축하였다.

다음으로 산업생태계 분석에서 유의할 사항은 정상적 산업생태계 자료를 적용하여 특정 산업생태계를 분석한다는 것은 그 산업생태계의 동태성을 분석한다는 것과 다르다는 것이다. 이 동태적 산업생태계 연구영역은 아직도 미완성된 연구영역으로 남아있다.

## 2. 산업생태계 분석 대상

산업생태계분석은 산업생태계의 특징을 체계적인 관점에서 접근하는 분석방법이다. 산업생태계의 특징은 네트워크 통계분석이라고 볼 수 있을 만큼 다양하고 복잡한 구조를 가지고 제시되고 있다. 본 연구에서는 Fath, et al. (2006)이 제시한 분석단위와 분석방법을 적용하여 분석하기로 한다.

### 가. 구조분석

산업생태계에서 구조분석은 산업생태계의 형태와 부문들 사이에 존재하는 연관관계를 이해하는 데 중요한 정보를 제공한다. 산업생태계 구조분석은 산업연관표로부터 작성된 산업생태행렬  $A = (a_{ij})$ 에 대하여 다양한 지수를 측정함으로써 이루어진다. 산업생태계구조분석의 가장 중요한 지수는 두 산업부문  $(i, j)$  사이에 존재하는 간접적 연결경로의 변화를 측정하는 것이다.

Miller, et al. (2009)이 제시한 예시를 통하여 이 특성을 살펴보면 다음과 같다. 특정 SW 산업생태계행렬  $A$ 가 다음과 같다고 가정하자.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.1 \\ 0.3 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

이 행렬의 인자가 특정한 값 이상일 경우 1이 아닐 경우에 0을 부여하여 인접행렬을 재구성한다(즉 불행렬을 말함).

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

만일  $A^2 = \begin{bmatrix} 0.04 & 0.06 & 0.02 \\ 0.09 & 0.13 & 0.03 \\ 0 & 0.06 & 0 \end{bmatrix}$  이 되며, 이 경우에  $W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$  으로 변환된다. 이  $A^2$ 를 2차 경로 길이(path length)로 정의한다.

일반적으로 특정한  $(i, j)$ 의 연계관계는  $A^m$ 에서  $m \rightarrow \infty$ 로 증가함에 따라서 간접 연계성이 증가하게 된다. 이러한 산업생태계 특성을 경로의 확산성이라고 말한다. 산업생태계 구조분석에서 산업부문들 사이에 존재하는 연계경로의 확산증가율이 어떻게 변화하는지 알아보는 것은 중요한 분석 관점이다. 즉,

$$\frac{a_{ij}^{m+1}}{a_{ij}^m} \quad m \rightarrow \infty$$

이와 같은 연계경로확산증가율은  $A$ 행렬의 가장 큰 고유 값에 의하여 결정된다. 이 밖에

도 산업생태계 구조이해를 위하여 노드 수와 연계 밀도에 대한 측정치가 산업생태계 구조에 대하여 유인한 정보를 제공한다.

## 나. 기능분석

산업생태계의 기능분석은 다음과 같은 네 가지 형태의 생태계분석(행렬조작)을 통하여 이루어진다. 특히 흐름분석은 경제학에서 많이 적용하고 있는 전형적인 산업연관분석과 유사하지만, 다른 세 가지는 생태계분석의 고유한 기능분석의 영역이다.

### ● 축적분석영역

산출의 측면에서 다음의 수식을 정의하자.

$$p_{ij} = c_{ij}\Delta t \quad (\text{단 } i \neq j) \quad \text{그리고} \quad p_{ii} = 1 + c_{ii}\Delta t \quad (\text{단 } i = j)$$

여기서  $c_{ij} = f_{ij}/x_j$ 이며,  $c_{ii} = -T_i/x_i$ . 행렬  $P$ 을 이용하여 다음과 같은 산출관점의 축적유발행렬을 정의할 수 있다. 즉,

$$Q = P^0 + P^1 + P^2 + \dots + P^m + \dots = (I - P)^{-1}$$

투입측면에서 상기와 같은 수식을 통하여 투입관점의 축적유발행렬도 정의할 수 있다. 상기에서 측정된 행렬들의 특성을 파악하는 것이 축적분석의 중요한 영역이다.

### ● 흐름분석영역

생태계의 흐름을 분석할 때, 산업연관분석에서 사용하는 투입산출표의 중간재흐름을 나

타내는  $f_{ij}$  행렬을 산출중심으로 재구성하는 행렬을  $G$ 행렬이라고 하며, 투입중심으로 재구성하는 행렬을  $G'$ 라고 정의할 때,  $G$ 행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$g_{ij} = \frac{f_{ij}}{T_j} \quad \text{또는} \quad g'_{ij} = \frac{f_{ij}}{T_i}$$

이 경우에 산업생태계유발행렬은 다음과 같이 정의된다.

$$N = G^0 + G^1 + G^2 + \dots + G^m + \dots = (I - G)^{-1}$$

역시  $N'$ 도 동일하게 정의된다.

### ● 효과분석영역

산업투입산출행렬에서 다음의 차이를 구할 수 있다. 즉

$$d_{ij} = (f_{ij} - f_{ji}) / T_i$$

상기 수치는  $-1 \leq d_{ij} \leq 1$ 에 범위를 갖게 된다. 여기서 효과행렬  $U$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$U = D^0 + D^1 + D^2 + \dots + D^m + \dots = (I - D)^{-1}$$

역시 동일하게 축적관점에서 효과행렬을 정의할 수 있다.

### ● 지배분석영역

지배분석은 산업부문  $i \rightarrow j$ 의 유발효과와  $j \rightarrow i$ 의 유발효과와의 지배관계를 살펴보는 것이다. 즉 만일 산업부문  $i \rightarrow j$ 의 흐름이  $j \rightarrow i$ 로 흐름보다 클 경우에 산업부문  $i$ 가 산업부문  $j$ 에 대하여 지배적이라고 말한다. 역시 축적행렬 분석 방법과 마찬가지로, 다른 행렬을 통하여 지배력을 측정할 수 있다.

### 3. 산업생태계 특성 분석

산업생태계는 시대와 공간 그리고 분석하고자하는 산업단위에 따라서 다양하고 복잡한 특성을 보여준다. 사전적으로 정의한 산업생태계에 존재하는 다양하고 복잡한 특성들 중에서 핵심적으로 살펴볼 대표적 특성은 다음과 같다.

#### 가. 산업생태계 효율성

산업생태계의 효율성분석은 매우 중요하다. 이 특성은 직접적 투입 또는 산출에 대하여 간접적인 투입 또는 산출의 정도를 보여준다. 산업생태계적 접근방법은 직접과 간접의 정도를 파악하고, 그 작동메커니즘을 분석하는 것이 중요한 목적이기 때문에 산업생태계의 효율성을 측정하는 것이 일차적인 산업생태계의 분석목적이 된다.

간접효과는 전체 유발되는 생산효과에서 직접 투입되는 생산물을 차감한 것으로 정의된다. 이러한 간접효과의 발생은 산업생태계에는 본질적으로 긍정의 되먹임효과가 존재하기 때문이다. 기본적 수리적 계산공식은 다음과 같이 정의된다.

$$I/D = \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (n_{ij} - i_{ij} - g_{ij}) / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n g_{ij} \right]$$

여기서  $n_{ij}$  행렬은 흐름분석 영역에서 정의된  $G = (g_{ij})$ 의 유발행렬을 말한다.  $i_{ij}$ 는 항등행렬을 말한다. 역시 위에서 정의한 계산수식은 투입측면 또는 산출측면을 반영하여 계산될 수 있다.

일반적으로 간접효과가 직접효과보다 크기 때문에 위 계산수식을 통하여 나타난 수치는 1보다 크게 된다. 이러한 간접효과의 지배성에 대한 공통적 분석결과들은 생태계의 작동메커니즘을 이해하는 데 중요한 속성이다.

#### 나. 산업생태계동질성

일반적으로 경제 및 산업체계에서 전체 간접생산 유인효과는 직접생산 효과보다 자원을 균등하게 분배하는 경향이 존재한다. 산업생태계에서 두 자원분배메커니즘의 비교는 다음과 같은 계산식을 통하여 측정할 수 있다.

$$CV(G) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\bar{g}_{ij} - g_{ij})^2 / (n^2 - 1)}}{\bar{g}_{ij}}$$

여기서  $\bar{g}_{ij}$ 는  $G$ 행렬의 각 부문 평균을 말한다. 일반적으로  $CV(G)/CV(N)$ 이 1보다 큰가를 살펴보는 데 있으며, 1보다 클 경우에는 산업생태계가 산업유발행렬이 직접행렬보다 더 균등한 분배구조를 가지고 있음을 보여준다.

#### 다. 산업생태계 확장성

산업생태계의 확장성은 산업흐름 관점에서 생태유발행렬  $N$  또는 축적관점에서 유발행렬  $P$ 의  $(i,i)$ 의 값보다는  $(i,j) i \neq j$ 에 중요성을 부여하는 속성에 있다. 만일 산업생태계의 순환성이 높을 경우에 산업생태계의 확장성은 매우 큰 값을 갖게 된다. 이러한 확장성은 산업생태계가 복잡할수록 높은 경향이 존재한다.

#### 라. 산업생태계 시너지

산업생태계의 속성으로 생태계가 가지는 시너지효과가 존재한다. 이 시너지효과는 부문들 간에 교환되는 생산물이 정의 관계인지 또는 부의 관계인지를 보여주는 측정수치이다. 이는 효과분석을 위한 행렬  $U$ 을 기초로  $Y=U\hat{T}$ 의 행렬의 정의 효과와 부의 효과의 비율이 1보다 크지 또는 작은 지를 살펴보는 것이다.

#### 마. 산업생태계 독립성

상기에서 사용한 상호연결성을 보여주는 효과행렬  $U$ 을 이용할 경우에 산업생태계의 경쟁관계 또는 공생관계에 대한 질적인 정보를 분석할 수 있다. 만일  $U$ 행렬에서 정의 값이 많은 경우에는 공생관계가 많음을 알 수 있다. 다음 적용의 예인 분석결과에서 보여주는 독립성 수치 Mutualism(T, 또는 S)은 정의 값의 비중을 보여준다.

#### 바. 산업생태계 분리성

산업생태계의 분리성은 다음과 같은 다섯 가지 분야로 나누어진다. 먼저 생태계 경계(한계)적 투입으로 산업생태계의 경계(즉 다른 표현으로 외부적 투입)에서 투입되는 투입량을 말한다. 다음으로 초기 생산효과는 특정 산업생태계에서 1단계 즉 처음으로 투입된 투입물이 얼마나 발생하는지에 대한 흐름발생의 생산량을 보여 준다. 세 번째 분리성 관련 지표는 순환지수로서 특정 산업부문에서 다른 산업부문으로 소실됨이 없이 순환되는 에너지 즉 생산량 정도를 나타낸다. 마지막으로 살펴볼 산업생태계의 분리성을 나타내는 중요한 지표로는 산업부문의 투입량에 대한 소실정도를 나타내는 지표로 특정한 부문에 남아서 순환되지 않는 정도를 보여준다.

## 4. 산업생태계 분석 적용 결과

본 연구에서 산업생태계 분석과 관련하여 전체산업, IT산업, SW산업의 3개의 카테고리 분류하여 NEA를 적용하였다. 분류\_1은 전체산업으로 1차산업, 2차산업 3차산업으로 분류한 것이고, 분류\_2는 IT산업만을 대상으로 정보통신기기, 정보통신서비스, SW산업으로 나누어 본 분류이다. 분류\_3은 다시 SW산업만을 떼어서 시스템 SW, 지능형 SW, 인터넷 SW로 나누어 본 분류이다.

표 III-1 | 산업분류표

분류_1_전체 산업	분류_2_IT산업	분류_3_SW산업
1차산업	정보통신 기기	시스템 SW
2차산업	정보통신 서비스	지능형 SW
3차산업	SW	인터넷 SW

다음의 결과는 앞에서 제시한 NEA 분석방법에 의하여 2013년도 산업분류표 기준으로 전체산업, IT산업, SW산업에 대한 산업생태계구조 및 산업생태계기능을 측정한 것이다. 본 분석을 위하여 분류\_1\_전체산업을 1차, 2차, 3차 산업으로 구분한 것은 분류\_2 나 분류\_3에서와 같이 3개의 산업카테고리를 형성하여 나머지 다른 산업분류와 구조의 틀을 같게 하여 구조분석을 하기 위함이다.

구조분석의 결과는 기본가정을 각각 3개의 카테고리를 상정했기 때문에 노드, 링크, 연결 수 등이 동일하지만 중첩도(aggradation)에서 차이를 나타낸다. 네트워크의 중첩정도를 나타내는 'aggradation'이 전체산업에서 크고 IT산업과 SW산업에서 작음을 알 수 있다. 또한 SW 산업이 상대적으로 IT산업에 비해 작다. 이는 시스템내의 통과흐름(throughflow)을 투입으로 나눈 것으로 평균경로길이(average path length)를 의미한다. 즉, 전체산업은 다른 산업보다 산업에서 산업으로 넘어가는 경로가 길다는 것을 의미하며, SW산업은 IT산업에서 보다 상대적으로 더 중첩되어 있고 산업간 연관성이 더 크다는 것을 의미한다.

표 III-2 | 산업분류별 산업생태계 구조분석 결과

생태계분석 지수		전체 산업	IT 산업	SW 산업
구조분석	# nodes, n	3	3	3
	# links, L	9	9	9
	connectance, $L/n^2$	1	1	1
	link density, $L/n$	3	3	3
	path proliferation	3	3	3
	Aggradation	6.4787	5.0649	4.2303

산업생태계분리성에서 순환지수(cycling Index)는 특정 산업부문에서 다른 산업부문으로 소실됨이 없이 순환되는 에너지 즉 생산량정도를 나타낸다. Cycling Index(T)는 통과흐름(throughflow) 측면에서 순환지수를 의미하며, Cycling Index(S)는 저장(storage) 측면에서 순환지수를 말한다. 측정 결과를 보면 특정 산업 부문에서 다른 산업부문으로 손실됨이 없이 순환되는 에너지 즉 생산량의 정도를 나타내는 순환지수(cycling Index)의 경우 3개의 산업분류 모두 높게 나타났다. 그러나 통과흐름(throughflow)과 저장(storage)의 순환지수를 비교하면, SW산업의 경우 IT산업보다 상대적으로 자체 에너지 순환에 있어 생산량 정도가 미약함을 알 수 있다. 다음으로 초기 생산효과를 나타내는 MODE\_1, 1st pass(first passage flow)는 특정 산업생태계에서 1단계 즉 처음으로 투입된 투입물이 얼마나 발생하는 지에 대한 흐름발생의 생산량을 보여 준다. 분리성 분석결과 전체산업이 초기 생산효과가 크게 나타나고 있고 SW 산업이 상대적으로 초기 생산효과가 미약함을 알 수 있다.

표 III-3 | 산업분류별 산업생태계 분리분석 결과

생태계분석 지수		전체 산업	IT 산업	SW 산업
분리분석	Cycling Index (T)	0.7998	0.7566	0.7573
	Cycling Index (S)	0.7105	0.6374	0.5558
	MODE_1, 1st pass	0.2971	0.2329	0.0265
	MODE_2, cycled	5.1815	3.832	3.2038
	MODE_3, dissipative	0.2971	0.2329	0.0265

산업생태계 확장성 분석은 네트워크의 확장성으로 통과흐름(throughflow)과 생산물(output) 또는 투입물(input)의 확장성을 보거나, 저장(storage)과 생산물(output) 또는 투입물(input)의 확장성을 보는 것으로 산업흐름관점에서 생태유발행렬  $N$  또는 축적관점에서 유발행렬  $P$ 의  $(i,i)$ 의 값보다는  $(i,j) i \neq j$ 에 중요성을 부여하는 속성에 있다. 네트워크 확장성 측면에서 전체산업이나 SW산업의 확장성이 상대적으로 IT산업보다 크다. 여기서 중요한 결과는 SW산업이 IT산업보다 확장성이 상대적으로 크다는 것이다. 이러한 확장성은 산업생태계가 복잡할수록 높은 경향이 존재한다.

표 III-4 | 산업분류별 산업생태계 확장분석 결과

생태계분석 지수		전체 산업	IT 산업	SW 산업
확장분석	Amp (T,output)	6	5	6
	Amp (T,input)	6	5	6
	Amp (S,output)	6	5	6
	Amp (S,input)	6	6	6

산업생태계의 효율성분석은 NEA(Network Environ Analysis)의 매우 중요한 특성으로 직접적 투입 또는 산출에 대하여 간접적인 투입 또는 산출의 정도를 보여주는 것으로 일차적인 산업생태계의 분석목적이 된다. 산출물을 중심으로 한 통과흐름의 효율성,  $I/D (T, output)$  과 투입물을 중심으로 한 통과흐름의 효율성,  $I/D (T, input)$ 을 보면 SW산업 > 전체산업 > IT산업의 순으로 나타났으며, 특히 SW산업의 효율성이 상대적으로 다른 산업보다 월등히 효율적으로 나타났다. 반면에 산출물을 중심으로 한 저장의 효율성,  $I/D (S, output)$  과 투입물을 중심으로 한 저장의 효율성,  $I/D (S, input)$ 을 보면 SW산업 < IT산업 < 전체산업의 순으로 나타났다. 이는 통과흐름측면에서 SW산업의 효율성이 매우 높다는 것을 의미하고, 저장측면에서 SW산업의 효율성이 상대적으로 낮지만 이것 또한 역시 숫자가 상대적으로 크기에 생태계의 작동메커니즘이 효율적으로 작동하고 있다는 것을 의미한다.

표 III-5 | 산업분류별 산업생태계 효율분석 결과

생태계분석 지수		전체 산업	IT 산업	SW 산업
효율분석	I/D (T,output)	23.2529	23.0759	106.144
	I/D (T,input)	22.8511	21.5252	103.407
	I/D (S,output)	132.2305	209.77	121.2389
	I/D (S,input)	129.7950	198.06	121.0927

산업생태계의 동질성 분석은 생태계 또는 네트워크 내에서 발생한 간접생산유인효과와 자원배분의 메카니즘을 나타내는 것으로 IT산업이나 SW산업 모두 골고루 배분되는 결과(> 1)를 나타냈고, 상대적으로 SW산업이 IT산업보다 동질성이 더 큰 것으로 나타났다. 산업생태계의 속성으로 생태계는 내부적으로 상호작용하며 시너지가 존재한다. 산업생태계 시너지는 시스템 내에서 정의 효용이 부의 효용보다 큰 것을 의미하며, SW산업 > IT산업 > 전체산업의 순으로 나타났다. 이는 SW산업이 시스템 내에서 상대적으로 시너지가 더 큼을 의미한다.

산업생태계 독립성은 시스템 내 구성요소 간의 질적인 관계, 즉 포식(predatory), 공생(mutualism), 경쟁(competition) 관계를 보여주는 것으로 SW산업이나 IT산업은 공생관계가 많음을 보여주고 있고 상대적으로 전체산업은 공생관계가 상대적으로 적음을 나타내고 있다.

표 III-6 | 산업분류별 산업생태계 특성(동질성, 시너지, 독립성) 비교분석 결과

생태계분석 지수		전체 산업	IT 산업	SW 산업
동질분석	Homog (T,output)	0.9837	1.0291	1.3488
	Homog (S,output)	1.5685	1.1236	1.492
시너지분석	Synergism (T)	47.0335	25.4191	42.9388
	Synergism (S)	36.7909	3.2243	43.371
독립분석	Mutualism (T)	0.625	2	2
	Mutualism (S)	0.5943	2	2

## IV 결론 및 시사점

복잡한 경제계를 이해하는데 생태계적 분석은 매우 유용한 방법 중에 하나이다. 생태계를 이해하기 위해서는 생태계 구성원들 간의 연결정도, 흐름, 상호간의 영향 정도를 이해하는 것이 중요하며, 이러한 측면에서 네트워크적 생태계 분석이 필요하다. NEA(Network Environ Analysis)는 시스템내의 대상들(objects)에 대한 속성을 공식적이고 수량적인 방법으로 나타내는 생태계네트워크분석(ENA; Ecological Network Analysis) 방법의 한 수단으로 네트워크내의 노드(node)간의 흐름(flow) 및 연결(link)의 방향, 강도, 상호관계를 측정하는 분석 틀이다. 경제학에서 많이 이용되는 투입-산출의 산업연관표를 보면 각 산업을 노드로 볼 수 있고 산업연관표에서 알 수 있듯이 산업연관표의 계수들을 각 노드의 연결(interconnection)이라 볼 수 있다. 또한 투입벡터와 산출벡터를 2개의 environ 즉 투입과 산출로 본다면 투입-산출표를 이용한 NEA 분석은 생태계 분석에 매우 유용한 자료로 활용 할 수 있다.

NEA를 이용하여 분석한 결과를 SW산업을 중심으로 정리하면 다음과 같다.

- SW산업의 전반적인 구조는 산업간 연관성이 다른 산업에 비해 크며, 이로 인하여 연결성과 산업부문의 확장성이 상대적으로 크게 나타난다.
- SW산업에 대한 생태계 분리성을 보면 SW산업에 1단위에 투입이 이루어졌을 경우 자체 내의 투입에 대한 흐름(순환)이 전체산업이나 IT산업에 비해 상대적으로 적지만 순환지수가 높게 나타났다. 이는 SW산업이 투입 1단위에 대한 초기 효과가 상대적으로 적은 것에 기인하는 것으로 해석된다.
- 네트워크 확장성을 보면 SW산업이 IT산업보다 상대적으로 차이는 작지만 큰 것으로 나타났다. 이는 생태계가 복잡 할수록 확장성이 크게 나타나는 경향에 비추어 볼 때 SW산업의 생태계가 조금 더 복잡하다고 해석 할 수 있다.
- 산업생태계의 효율성 측정 결과 SW산업은 상대적으로 매우 효율적인 것으로 나타났다.

이는 통과 흐름에서 더 두드러지게 나타나며, 생태계 메커니즘이 효율적으로 작동하고 있다고 해석 할 수 있다.

● SW산업은 IT 산업과 비교해서 상대적으로 간접생산효과가 산업 내에 골고루 배분되고 있으며, 시너지 효과도 더 크고 SW산업간 공생관계를 보여 주고 있다.

본 연구보고서는 경제학에서 사용하는 투입-산출표를 이용하여 생태계 관점에서 산업의 시스템이 효율적으로 확장하고 시스템 내 또는 시스템 외부에서 영향이 주어졌을 때 시스템이 충격이 어떻게, 얼마나, 효율적으로 작동하고, 작동하는 메커니즘이 시스템 내부 또는 외부에 어떻게 반응하는지를 보고자 하였다. 이를 위하여 NEA(Network Environ Analysis)라는 분석틀을 이용하여 수치화하고 계량화 하였다. 이러한 분석틀을 향후에 사회과학에서 사용하는 생태계 분석에 유용한 수단이 될 수 있다.

앞으로 NEA를 이용한 생태계 분석은 첫 번째, 시스템 또는 산업의 진화를 살펴 볼 수 있을 것이다. 한국은행에서 발행하는 투입-산출표는 매년 발표가 되기 때문에 산업만 잘 정의 된다면, 그 산업의 진화에 따른 생태계의 효율성을 볼 수 있다. 예를 들어 SW산업의 진화에 따른 생태계 특성을 보기 위하여 2010, 2015, I-O table을 이용하여 SW 산업 생태계의 효율성이나 확장성, 분리성의 변화를 볼 수 있다. 두 번째, 산업간 생태계의 특성을 비교분석 할 수 있는 장점이 있다. 본 보고서에서 분석 한 것과 같이 IT산업과 SW산업의 생태계 특성이나 차이점을 구체적으로 수치화하여 볼 수 있다.

그러나 NEA를 이용한 생태계 분석, 특히 사회과학적인 측면에서 활용은 아직 미미하기에 많은 연구들과 분석사례가 보다 많이 제시되고 검증 되어야 한다. 특히 기본적으로 투입-산출표를 활용하기 때문에 보다 전향적인 산업의 생태계 분석에 활용이 어려운 단점이 있다. 예를 들어 지능정보사회 산업 생태계, IoT 산업 생태계와 같은 잘 정의 되지 않고 각기 다른 산업군이 결합 및 혼재 된 경우, 산업간 일어나는 융합과 같은 경우에 상대적으로 생태계 분석이 어렵고 결과도 애매하게 해석 되는 경향이 있다.

## ※ | 참고문헌

- Allesina, S., and Bondavalli, C., 2003, Steady State of Ecosystem Flow Networks: A Comparison Between Balancing Procedures, *Ecological Modelling*, Vol. 165, pp.221-229.
- Fath, B. and Borrett, S., 2006, A MATLAB function for Network Environ Analysis, *Environmental Modelling & Software*, Vol. 21, pp.375-405.
- Fransman, M., 2010, *The new ICT ecosystem: Implications for policy and regulation*, cambridge: Cambridge University Press.
- Hannom, B. 1973, The Structure of Ecosystem, *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 41, pp.535-546.
- Goerner, S. et al., 2009, Quantifying Economic Sustainability, *Ecological Economics*, Vol. 69, pp.76-81.
- Iansiti, M., and Levin, R., 2004a, Strategy as Ecology, *Harvard Business Review*, vol. 82(3), pp.68 – 81.
- \_\_\_\_\_, 2004b, *The keystone advantage: what the new dynamics of Business ecosystems mean fore Strategy, innovation, and sustainability*, Boston: Harvard Business School Press.
- Michael Katz and Carl Shapiro, 1985, Network Externalities, Competition, and Compatibility, *American Economic Review*, Vol. 75.
- \_\_\_\_\_, 1994, Systems Competition and Network Effects, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No 2.
- Miller, R. and Blair, P., 2009, *Input-Output Analysis*, Cambridge University Press.
- Moore, J. F., 1993, "Predators and Prey: The New Ecology of Competition," *Harvard Business Review*, Vol. 71, pp.75-83.

\_\_\_\_\_, 1996, *The death of competition: leadership and strategy in the age of business ecosystems*, New York: Harper Business.

N. Gregory Mankiw, 1997, *Principles of Economics*, Cengage Learning.

OECD, 2009, *Innovation in the Software Sector*.

Porter, M., 1985, *Competitive Advantage-Creating and Sustaining Superior Performance*, The Free Press.

Schramski, J. R., and Kazanci, C., and Tollner, E. W., 2011, Network environ theory, simulation, and EcoNet 2.0, *Environmental Modelling & Software*, vol. 26, pp.419-428.

Ulanowicz, R. E., 2004, Quantitative methods for ecological network analysis, *Computational Biology and Chemistry*, Vol. 28, pp. 321-339

김승현·정미애·이광호·김석현·김만진, 2014, 소프트웨어 활용분야별 혁신특성 분석, 과학기술정책연구원.

손상영·김사혁·석봉기, 2010, 플랫폼 생태계의 후생적 이슈와 정책과제, 정보통신정책연구원.

신민수, 2010, 스마트폰 생태계에서 한국 컨버전스 서비스 활성화를 위한 방안, 디지털융합연구원.

\_\_\_\_\_, 2012, 디지털 생태계의 전략적 이슈, IT 생태계 연구회 발표자료.

이경숙·김종기·모정윤, 2012, IT산업의 혁신생태계 여건 조성 과 과제, 산업연구원.

장석권 외, 2007, 디지털 생태계 미래전략연구, 디지털 융합연구원.

조상섭, 2013, ICT 생태계분석과 진화방향 진단에 관한 연구.

조병선, 조상섭, 2014, 소프트웨어산업의 특징 및 구조변화에 대한 분석, 전자통신동향분석, 통권 146호, 제29권, 제2호.

미래창조과학부, 2014, 선도형 SW R&D 추진전략.

ETRI, 2012, SW성과와 향후과제.

한국은행, 『산업연관표』, 각 연도자료.

NIPA, 2013, SW산업 주요 통계.

NIPA, 2013, IT산업 주요 통계.

소프트웨어정책연구소, 2016, 2015 SW산업 연간보고서.,

## 저자소개

---

조병선 ETRI 미래전략연구소 기술경제연구본부 미래사회연구실 책임연구원  
e-mail: tituscho@etri.re.kr Tel. 042-860-1136

## NEA(Network Environ Analysis)를 이용한 생태계 분석 - SW산업을 중심으로 -

---

발행인 : 김봉태

발행처 : 한국전자통신연구원 미래전략연구소

발행일 : 2016년 9월 30일

---

**ETRI** 한국전자통신연구원  
미래전략연구소

305-700 대전광역시 유성구 가정로 218  
전화 : (042) 860-1182, 팩스 : (042) 860-6504

\* 주의 : 본서의 일부 또는 전부를 무단으로 전재하거나 복사하는 것은  
저작권 및 출판권을 침해하게 되오니 유의하시기 바랍니다.

