

센서산업 R&D 개선방안 연구

- 산업혁신체계론을 중심으로 -

문형돈* · 이정원** · 김홍범*** · 이효은**** · 장용석*****

I. 서론

국내 IT산업은 지난 1990년대 이후 연평균 20%이상 고도성장하면서, 우리나라의 대표 주력산업으로서 국가 경제성장을 견인하여 왔다. 이러한 과정에서 우리 경제는 지난 1995년 국민소득 1만 불에서 2007년 2만 불을 돌파했으나, 글로벌 금융위기 등을 거치면서 2008년 이후 다시 2만 불 이하로 하락하며 경제성장에 대한 위기감이 고조되고 있다. 따라서 국가 경제성장의 핵심인 IT산업에 대한 적극적 육성정책을 통한 국민소득 4만 불 시대 조기 실현이 매우 필요한 시점이라고 평가할 수 있다(지식경제부, 2012).

IT산업은 하나의 산업인 동시에 정보통신기기, 소프트웨어 및 IT서비스, 정보통신서비스로 세부적으로 분류될 수 있으며, 해당 산업분야는 세부 산업으로 분류가 가능하다(정보통신산업진흥원, 2012c). 그리고, 해당 세부산업은 기반기술, 시장의 특성, 종사인력, 연계 사업, 비즈니스 형태 등 산업의 생태계적 특성에 있어 다양성을 지니고 있다. 이에 따라 IT산업 자체 경쟁력 강화를 위해서는 통합적 관점의 IT산업 육성전략의 수립과 더불어 개별 세부산업별 특성에 적합한 전략적 산업혁신 방안을 추구하는 것이 필요하다(정보통신산업진흥원, 2011, 2012b). 이에 본 연구에서는 IT산업 중 미래 유망산업이며 IT융합의 핵심역량으로 주목받고 있는 센서 산업의 혁신체계를 분석함으로써 센서산업의 혁신 역량을 강화하기 위한 정책적 대안을 제시하고자 한다.

센서산업은 IT융합의 핵심역량으로 향후 IT산업이 혁신과 성장을 지속해나가기 위해서는 IT산업 분야 내에서 타 산업 분야로의 적용 확대 가능성과 미래 성장가능성이 더욱 커질 것으로 기대된다. 그리고, 생산 공정 자동화, 자동차, 우주 항공 등으로까지 분야를 확장하고 있는 미래 유망산업 분야로 반도체집적화기술, 초정밀전자기계시스템 등의 첨단 기술과 연계하여 고성능화, 고기능화 됨으로써 향후 IT융합시대의 핵심 기반 산업으로 자리 잡을 것으로 예상된다. 또한, 산업적 특성을 고려할 때, 센서산업은 물리, 화학, 바이오 정보를 대상에서 감지하여 읽을 수 있는 신호로 변환시켜주는 정보 소자로 특성과 성능에 따라 다양한 시스템에 활용될 수 있도록 다품종 소량생산이 요구된다.

이처럼 센서산업이 고부가가치형 첨단 기술 산업으로 성장하고 글로벌 융합산업을 선도해 나가기 위해서는 지속적인 기술 혁신이 필요하며 센서산업에 대한 맞춤형 R&D 정책개발과 더불어, IT산업과 센서산업 전반의 R&D 체계 개선과 적극적인 기술혁신을 위한 정책적 방안 도출이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 산업혁신체계 분석을 통해 산업 생태계의 효율적인 구축과 산업의 지속가능한 성장을 촉진하고 핵심 역량을 강화함으로써 센서산업의 혁신을 효과적으로 촉진시킬 수 있는 보다 구체적인 정책적 대안들을 제시하고자 한다.

특히, 본 연구를 통해 센서산업을 대상으로 이의 구조적 특징과 혁신체계를 도출하고 성공적 혁신

본 논문은 정보통신산업진흥원 정책연구12-17 「산업특성별 IT R&D 체계 개선 방안 연구」를 기반으로 정리하였다.

* 문형돈, 정보통신산업진흥원 팀장, 02-2141-5310, donadoni@nipa.kr

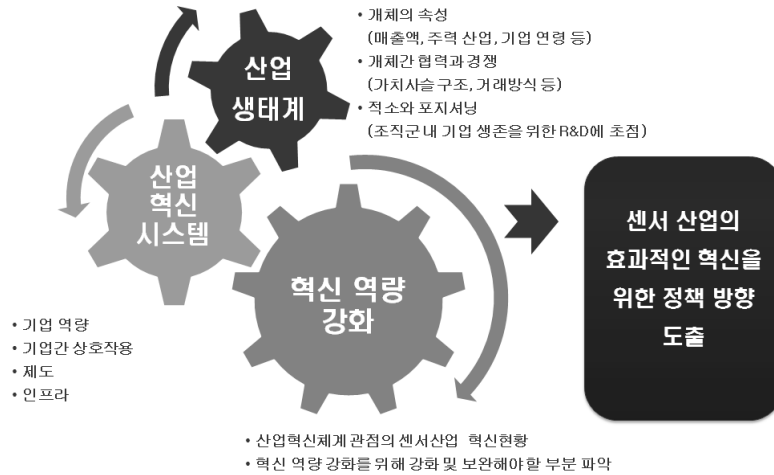
** 이정원, 정보통신산업진흥원 책임, 02-2141-5316, pisces94@nipa.kr

*** 김홍범, 정보통신산업진흥원 책임, 02-2141-5313, hbkim@nipa.kr

**** 이효은, 정보통신산업진흥원 단장, 02-2141-5300, lee@nipa.kr

***** 장용석, 연세대학교 교수, 02-2123-2956, yongsukjang@yonsei.ac.kr

신을 유도할 수 있는 정책적 시사점을 제안하기 위해 Malerba(2002, 2005)가 제안한 산업혁신체계 분석틀을 활용하여 분석하였다. 먼저, 산업혁신체계(Sectoral Innovation System)론¹⁾ 관점에서 센서산업을 중심으로 혁신체계 조사를 실시하고, 해당 조사 및 분석 결과를 바탕으로 도출된 센서산업의 현황과 구조적 특징을 분석함으로써 센서산업의 혁신역량 수준을 도출하며, 마지막으로 센서산업의 R&D 혁신역량을 강화하기 위한 대안을 제시하였다.



<그림 1> 연구 흐름도

II. 이론적 배경

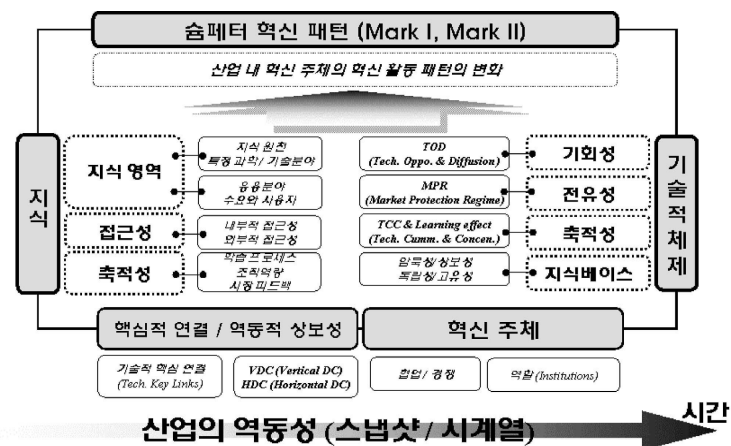
산업혁신체계는 기존의 국가혁신체계, 기술혁신체계와 달리 산업 내에서의 연결과 상호작용을 중심으로 혁신을 추구하는 혁신 접근 방식이며, 국가혁신체계나 기술혁신체계적 접근의 한계에서 고안된 혁신체계로, 국가나 기술 차원이 아니라 산업의 테두리 안에서 여러 기술과 기업들이 상호 연계될 때에 융합과 조화의 개념에 어울리는 혁신이 이루어질 수 있다는 이론이다(Malerba, 2002, 2004). 기존의 경제학자²⁾들이 주로 제시하고 있는 정량적 분석에 기반 한 산업의 출현, 발전과 쇠퇴 과정 등에 대한 연구 한계를 극복하고 산업의 구조적 특징과 조직적 형태를 고려한 진화패턴과 과정을 설명할 필요가 있다는 관점에 본격적으로 논의된 이론이 산업혁신체계론이라 할 수 있다(Malerba, 1996a).

Malerba(2002)는 산업혁신체계에 있어 기존의 산업체제의 특성에 초점화하여 혁신주체의 핵심 역량과 산업의 구조적, 제도적 요인과 그들간의 네트워크를 강조하는 기술혁신시스템(Technological

- 1) 산업혁신체계론은 지식과 기술을 중시하고 산업 구조 및 경계, 산업의 진이, 학습과정, 주체들 간의 관계 등에 대한 폭넓은 이해를 제공하기 때문에 전 세계적으로 기술적 패러다임을 주도하고 있는 IT산업의 혁신체계 분석에 적합한 이론(Malerba, 2002). Malerba(2002)는 기존 산업체제의 특성에 초점을 맞추어 혁신 주체의 역량, 산업의 구조적·제도적 요인과 이들 간의 네트워크(development block)를 강조하는 산업혁신체계를 제시하면서, 혁신활동을 주도하는 혁신주체의 패턴 변이를 통해 산업체제의 특징과 산업의 역동성을 동시에 고려하는 통합적인 분석을 강조
- 2) Marshall(1879, 1890)은 경제는 그 성장 또는 진화속도가 서로 다른 산업들로 구성될 뿐만 아니라, 특정 산업간 관련성은 계속하여 진화한다고 주장. Schumpeter(1939)는 산업경제의 발달과정에서 주요 산업들의 출현과 쇠퇴 현상을 부각. Kuznets(1930)는 경제 성장은 개별 수명 주기를 갖는 주도적 산업들의 상대적 중요성이 점차 변화하기 때문이라고 주장. Rostow(1952, 1960)는 산업의 역동성에도 규칙성(Regularities)은 존재하며 그 규칙성도 기술적 성숙도의 단계에 따라 변화함을 주장

Systems)의 개념을 포괄하고 제시하고 있으며, 산업의 역동성을 지식과 기술적 체제 (Technological Regimes)의 변화와 혁신활동을 주도 또는 지원하는 혁신주체(기업 및 비기업적 조직)의 혁신패턴 변이를 통해 설명함으로써 산업체제의 특징과 산업의 역동성을 동시에 고려한 통합적인 모형을 제시하고 있다. 또한, 산업마다 기술, 생산, 혁신 및 수요 등의 기준으로 서로 다른 산업적 특징을 지니고 있고 그 변화의 형태와 정도에도 차이가 있음을 많은 산업 사례 분석을 통해 증명하고자 하였다. 따라서, 산업혁신체계는 지식과 기술을 기반으로 산업구조 및 경계, 산업의 전이, 학습 과정, 주체간의 관계 등에 대한 폭 넓은 이해를 제공하고 있어 기술적 진보가 빠르며 세계적으로 최근 기술적 패러다임을 주도하고 있는 IT산업 분야의 혁신체계에 대한 분석에 적합한 모형이다 (김진용과 정재용, 2003).

산업혁신체계(SIS)은 기업의 집단이 분야의 제품을 개발하고 생산하는 과정에서 분야의 기술이 생산, 통합되는 과정에 초점을 둔다. 이는 센서산업처럼 다른 제조업체와의 협력 하에 최종 상품(End-User Product)을 만들어내게 되는 산업을 분석하기에 적절한 개념이라고 할 수 있다. 산업혁신체계는 상호작용 및 협력을 통해 기술개발이 이루어지는 경우와 혁신 및 시장 활동을 통한 경쟁과 선택을 바탕으로 기술개발이 이루어지는 두 가지의 경로를 중점적으로 다룬다. 특히, 산업혁신체계는 특정한 부문에서 어떻게 혁신을 잘 지원하고 있는지에 관한 시스템의 성과를 설명하기 위한 분석틀을 제공한다(Malerba, 2002).



<그림 2> 산업혁신체계 분석틀

자료 : Malerba(2002), 김진용과 정재용(2003)의 연구 재인용

Malerba(2005)에 따르면 부문(sector)이란 “공통된 지식기반을 가지며, 주어진 수요를 충족시키는 제품의 그룹에 의해 통합되는 활동들의 집합”을 의미하며, 산업혁신체계는 “한 부문의 제품을 개발·생산하고 그 부문의 기술을 활용하는데 적극적인 기업들의 시스템”을 의미한다. 여기에는 지식과 기술, 활동주체와 네트워크, 기관과 제도 등의 세 가지 요소가 포함되는데, 이를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

산업은 특정 지식(knowledge)과 기술(technology)로 구성되어 있는데, 상이한 산업들이 기술적 기회성(opportunity) 및 전유성(appropriability) 여건, 새로운 지식이 기존 지식에 의존하는 정도를 나타내는 기술지식의 축적성(cumulativeness), 그리고 관련 기술지식의 특성 등으로 요약되는 지식베이스에 따라 기술혁신 과정이 다르게 진행된다(Bresnahan과 Malerba, 1999). 그리고, 산업은 기업, 비기업(대학, 금융기관, 정부 등), 산업협회 등과 같은 기관과 소비자, 과학자 등 개별 활동 주체로 구성되어 있다. 이러한 기관 및 개별 경제활동 주체들은 특정한 학습과정, 능력, 신념, 목표, 조직구조 및 행동을 가지며, 의사소통·교환·협력·경쟁·명령 등을 통해 서로에게 영향을 미친

다. 산업에 따라 지식기반의 특성, 학습과정, 기초기술, 수요특성, 주요 연결고리 등이 다르기 때문에 관계와 네트워크의 유형과 조직구조는 산업혁신체계마다 다르다. 그러므로 산업혁신체계의 관점에서 보면 기술혁신은 연구개발 및 상업화와 연관되는 지식의 창출과 교환을 위한 다양한 경제 활동 주체 간의 체계적인 상호작용을 포함하는 과정이라고 할 수 있다. 이러한 상호작용에는 시장 뿐만 아니라 지식 및 특허시장, 기업 간 협력, 공식적인 연결망 등 넓은 의미의 네트워크와 관계까지 포함한다. 또한, 산업혁신체계는 제도(Institution)³⁾의 관점에 따라 달라진다. 제도란 활동 주체들의 인식, 행동, 그리고 상호작용을 형성시키는 규범, 관례, 공통된 습관, 규칙, 법, 표준 등을 의미한다. 대다수의 제도들은 국가 수준의 요인이나 일부 기관 및 제도들은 특정 부문에서 매우 특수적인 성격을 지닌다. 예를 들면 제약 산업에서의 규제, 소프트웨어에서의 표준 등이 있다. 특히, 산업혁신체계의 연구방법론적 관점에서 불완전 요소는 시장기구나 기업에 의해 자동적으로 해결될 수 없으며, 정부의 정책적 대안을 통해 완화되거나 해결이 가능하다. 이는 혁신주체들이 기술학습을 수행하는 것처럼 정책을 실행하고 문제점을 교정해 가는 적응적 과정을 반복적으로 수행하는 것을 의미한다. 산업혁신체계의 주요 구성요소와 특징은 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 산업혁신체계의 주요 구성요소와 특징

구성요소	내용	문헌
역량	<ul style="list-style-type: none"> - 기업이 보유한 기술과 인적자원 등은 혁신을 창출할 수 있는 기반 - 그러나 기업이 현재 잘하고 있는 분야와 기술에만 집중함으로써 새로운 기술 및 시장을 받아들이지 못함. 이에 따라 기존 기술에 고착화되어 새로운 기술로 나아갈 경우 역량의 실패로 이어짐 - 특히 상대적으로 규모가 작은 기업들은 자원 또는 인력의 부족으로 빠르고 효과적으로 학습할 능력이 부족하여 현 기술 및 시장에 고착화되는 경우가 많음 	Malerba and Orsenigo(1997), Smith(1999)
상호작용	<ul style="list-style-type: none"> - 기업 간 네트워크를 통한 협력 - 강한 상호작용(네트워크)은 i) 참여자들의 강한 협력으로 신규 사업자의 진입을 꺼리고 외부의 새로운 개발을 외면함으로써 기존 기술 궤적에 고착화되는 현상, ii) 지배적 파트너에 대한 의존성으로 파트너 교체시 교체비용의 증가, 자산의 경유성, 대체 파트너의 부족 등으로 인해 기존 파트너에 고착되는 현상 - 약한 상호작용(네트워크)은 보완자산을 가진 참여자들끼리의 협력 부족으로 인해 비효율적인 혁신창출이 나타나는 것임 	Carlsson and Jacobsson(1997), Malerba and Orsenigo(1997), Woolthuis et al.(2005)
제도	<ul style="list-style-type: none"> - 규제체제, 정책, 일반 법규범 등의 경성제도 - 정치적 문화, 사회가치 등 연성제도 - 혁신주체의 행동과 지각 및 그들의 상호작용에 영향을 미치는 여러 규범, 관습, 표준 등의 집합 	Smith(1999), Carlsson and Jacobsson(1997)
인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> - IT, 통신, 도로 등 물리적 하부구조와 대학, 공공연구기관, 규제 기관, DB시스템 등 과학과 기술관련 하부구조를 의미 - 과학과 기술관련 하부구조가 부족할 경우 혁신창출의 실패로 이어질 수 있음 	Smith(1999), Edquist et al.(1998)

혁신체계가 가진 한계를 교정하기 위해서는 단순히 기술개발 활동에 대한 비용과 수익을 변화시키는 것을 넘어서 혁신이 이루어지는 구조적 패턴의 보정이 필요하다(Andersson, 1998; Smith,

3) 제도(Institutions)는 규범, 루틴, 일반적 관습, 룰, 규범, 표준 등을 포함하며, 혁신주체의 행동과 지각 및 그 들간 상호작용에 영향을 미치는 광의의 개념(Malerba, 1998; Edquist and Johnson, 1997; Nelson and Sampat, 1998; Bresnahan, and Malerba; 1999).

1998; Malerba, 1999; Norgren and Hauknes, 1999; Malerba, 2002). 특히, 선행연구들은 구조적인 체계의 문제를 해결하는 새로운 제도와 구조를 형성시킬 수 있는 정부의 역할에 주목하고 있다.

그리고, 산업 고유의 구조적 문제가 해결되지 않은 상태에서는 자원이 아무리 많이 투입된다 하더라도 소기의 성과를 얻을 수 없으며, 오히려 비효율적인 시스템을 계속 확장시키는 결과를 낳게 된다. 특히 Malerba(2002)는 기존의 산업체계의 특성에 초점을 맞추고 혁신 주체의 핵심역량과 산업의 구조적·제도적 요인과 그들 간의 네트워크(development block)를 강조하는 산업혁신체계를 제시하면서 혁신활동을 주도하는 혁신주체의 패턴 변이를 통해 산업체계의 특징과 산업의 역동성을 동시에 고려하는 통합적인 분석을 강조하고 있다.

따라서, 산업혁신체계로 대표되는 여러 연구들에서는 지식과 기술을 중시하고 산업의 구조 및 경제, 산업의 전이, 학습과정, 주체들 간의 관계 등에 대한 폭넓은 이해를 제공하기 때문에 기술적 진보가 빨라 세계적으로 최근의 기술적 패러다임을 주도하고 있는 IT산업의 혁신체계에 대한 분석에 적합한 모형이라 할 수 있다. 본 연구에서는 센서산업을 대상으로 산업의 구조적 특징과 혁신적 체제가 어떠하며, 성공적 혁신을 유도하기 위한 정책적 시사점이 무엇인가에 대해 Malerba가 제안한 산업혁신체계 분석틀을 활용하여 분석하고자 한다. 보다 구체적으로는 산업혁신체계의 역동성을 설명하기 위한 기초 분석단위로서 산업의 인프라 구축정도, 혁신주체의 역량, 혁신주체 간 네트워크, 제도 및 정책에 기반이 되는 생태계 조사를 실시하였다. 또한 혁신주체와 기술혁신으로 구성되는 역동적 요소와 산업구조와 제도 등으로 구성되는 환경적 요소 간 관계규명을 통해 산업의 성장과정과 그 역동적 메커니즘을 파악하였다.

III. 센서산업 현황 및 구조적 특성

1. 센서산업의 정의 및 분류

센서란 대상에서 물리, 화학 및 바이오 정보를 감지·취득하여 관측자나 시스템에서 읽을 수 있는 신호로 변환하는 정보소자를 말하며, 반도체집적화기술, MEMS(integrated Micro Electro Mechanical System: 초정밀전자기계시스템) 등 초정밀기술, 3차원 미세가공기술과 결합되어 고성능화, 고지능화 되어 향후 유비쿼터스, IT융합시대의 핵심 기술로 주목받고 있다(정보통신산업진흥원, 2010). 또한, 센서는 일상생활의 편의성을 극대화하기 위한 인간 중심(UI)의 서비스 제공을 목표로 시간과 장소에 구애받지 않는 유비쿼터스 사회를 실현하기 위한 IT의 지능화, 이종산업산간 융합의 기반기술인 셈이다(전자부품연구원, 2008).

센서는 시스템의 자동화, 고성능화, 지능화의 특징을 지니고 있으며, 관측자·기기·인프라 간에 필요한 정보를 제공하며, 이에 따라 자동차·조선·가전제품·의료기기 등의 고성능화·지능화·자동화·원격관리·사고예방 등에 활용되고 있다. 이러한 센서는 감지대상, 감지방식, 집적도, 구현기술, 적용분야 등 다양한 기준에 의해 분류될 수 있다.

<표 2> 센서 분류

구분	센서 종류
감지대상	· 물리센서(힘, 온도, 전자기, 광학 등) · 화학센서(가스, 이온, 수질 등) · 바이오센서(혈당센서, 단백질센서, DNA센서, 세포칩 등)
감지방식	· 저항형센서, 용량형센서, 광학식센서, 자기식센서 등
집적도	· 단순센서(감지부만 있고 회로부가 없거나 단순 증폭회로만 내장된 센서) · 전자식센서(감지부와 아날로그 증폭회로부, 아날로그 보정회로가 포함된 센서) · 디지털센서(감지부와 아날로그회로부, 메모리, 디지털(or MCU)부가 포함되고 디지털보정기능, 디지털 I/F 등을 포함한 센서) · 지능형센서(감지부와 아날로그회로부, 디지털제어회로부, 임베디드SW를 포함하고 디지털보정, 논리연산, 센서신호융합, 상태판단, 자기진단 등을 포함하는 센서)
구현기술	· 반도체센서, MEMS센서, 나노센서, 융복합센서 등
적용분야	· 자동차, 모바일, 가전, 환경, 의료, 산업, 국방, 우주 등

자료 : 정보통신산업진흥원(2012)

그리고, 센서는 가치사슬의 관점에서 구분해 볼 수 있는데, 기본재료에 해당하는 소재(material)는 반도체 혹은 MEMS 공정을 통해 소자(device)로 제조되고, 이는 패키징 혹은 조립 공정을 거쳐 모듈(module)의 중간적 성격을 갖는 장치로 구현된다. 그리고 복수 센서, 입출력 장치, 제어 장치 등이 결합됨으로써 최종제품인 시스템(system)으로 조립될 수 있다(전자부품연구원, 2012). 센서는 이미지센서 등 일부 품목을 제외하면, 다품종 소량생산의 전형적인 중소기업형 산업으로 가장 큰 특징은 부품 산업이라는 점으로, 최종 제품에 대한 적용이 매우 중요하며 수요자의 니즈를 반영하고 연계하는 것이 기업의 경쟁력을 높이는 데 매우 필수적이다.

특히, 가치사슬의 구조에서 볼 때, 소재 및 소자 단계는 대규모 투자를 통한 생산 인프라가 필요하다는 점에서 장치 산업의 성격을 지니고 있다. 모듈 및 시스템 단계에서의 응용은 중소기업이 담당할 수 있으나 소재 및 소자 단계는 중견기업 이상의 초기 투자가 필요하다는 특징이 있다.

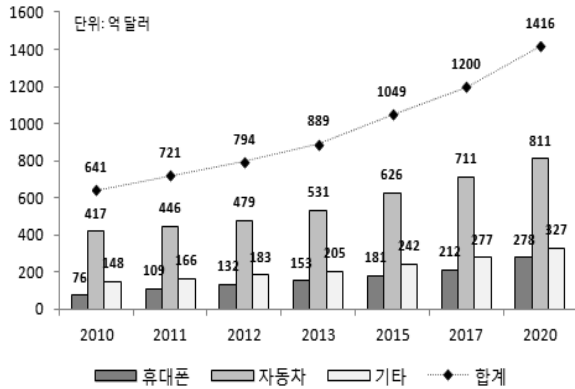
<표 3> 센서 가치사슬

구분	내 용
소재	기본 재료 (실리콘기판, 유리기판, 세라믹기판, Au, Ag, ZnO, CNT, 등)
소자	소재를 사용하여 고유기능이 구현된 것 (Sensor Chip, Sensor IC, 가속도센서, 압력센서, 온도센서 등)
모듈	복수의 부품(소자)을 조립한 특정기능을 가진 부품과 제품의 중간적 존재 (압력센서모듈, 습도센서모듈, 가스센서모듈, 충격센서모듈, 인체감지센서모듈 등)
시스템	복수 센서, 입출력 장치, 제어장치 등이 유기적으로 결합 작동되는 장치 으로 최종 제품 다수(타이어압력모니터링, 레이더센서, 캡슐내시경, 적외선카메라 등)

출처: 전자부품연구원(2012)

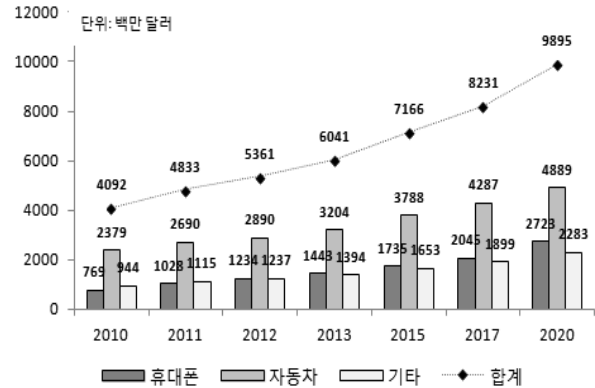
2. 국내외 센서산업 현황

세계 센서시장은 2012년 794억 달러 수준으로 2017년에는 1,200억 달러 규모에 이를 전망이다. 센서의 적용분야별 비중을 살펴보면, 자동차용 적용 센서 수요가 가장 크게 나타나며, 휴대폰이 스마트폰으로 전환되면서 최근 모바일 센서시장이 크게 증가하고 있다. 그리고 센서산업은 원천기술, 자본, 설비, 인력 등의 인프라를 갖춘 미국, 일본, EU 등이 세계시장을 주도하고 있으며, 2009년 기준 세계 시장점유율은 일본이 45.7%, 미국 29.2% 등으로 나타났다(정보통신산업진흥원, 2012d).



자료 : 정보통신산업진흥원(2012)

<그림 3> 센서 세계시장 규모



<그림 4> 국내 센서시장 규모

국내 센서산업 경쟁력은 선진국 대비 매우 취약해 우리나라의 세계시장 점유율은 4.6% 수준으로 미미하며, 이 또한 일부 대기업과 이미지센서 분야에 편중되어 있는 것으로 나타나고 있다(정보통신산업진흥원, 2010). 특히, 소재 및 설계, 설비, 양산, 원천(핵심) 기술, 전문개발인력을 포괄하는 기술경쟁력의 측면에서 선진국 대비 약 60% 수준이며, 상대적으로 양호한 가격, 품질, 디자인, 신뢰성 등의 제품 경쟁력조차 선진국 대비 약 80% 수준에 머물고 있는 것으로 파악된다(전자부품연구원, 2012). 이러한 국내 센서시장의 연평균 성장률은 10.5% 수준으로 2012년 53.6억 달러 규모에서 2017년에는 83억 달러로 성장할 것으로 예상된다.

그리고, 국내 센서 생산과 관련해, 2009년 이후 스마트용 이미지센서의 생산이 급증하며 센서 생산과 수출이 큰 폭으로 성장하고 있다. 2011년도 센서생산은 1조 7,808억 원 규모로 전년대비 34.2% 증가하는 성장세를 보이고 있으며, 수출은 동년 전년대비 25.5%가 증가한 8억 3,350만 달러를 기록하고 있다. 반면, 상대적으로 수입은 11억 3,399만 달러로 전체 센서산업 무역수지는 3억 645만 달러의 적자를 기록하고 있다(정보통신산업진흥원, 2012d).

<표 4> 국내 센서 생산 및 수출입 현황

구분	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
생산(백억원)	46.5	53.7	68.1	90.5	92.8	132.7	178.1
수출(억 달러)	0.8	1.3	2.1	3.4	4.6	6.6	8.3
수입(억 달러)	5.3	5.7	8.2	11.0	8.9	10.9	11.4
무역수지(억 달러)	-4.5	-4.4	-6.2	11.0	8.9	10.9	11.4

출처: 정보통신산업진흥원(2012)

센서산업은 시장의 라이프 사이클 주기로 볼 때, 대다수 영역이 도입 및 성장기에 놓여 있으며, Bosch, Novasensor, Honeywell, Analog Device 소수의 글로벌 기업이 R&D를 주도하고 있으며, 센서 용도별 주요 해외 기업은 다음과 같다(정보통신산업진흥원, 2012d).

자동차용 센서는 시장의 라이프사이클 상 도입·성장기로 분류되며, 현재 약 40개 이상의 글로벌 기업이 R&D 및 생산에 참여하고 있다. 특히, Bosch, Areescale, Analoge Device, BEI Tech 등이 대표적인 기업이다. 그리고, 의료용 센서산업은 현재 약 15개 이상의 글로벌 기업이 R&D 및 생산에 참여하는 가운데, Novasensor, Honeywell, Measurement Specialities 등이 세계 시장의 50% 이상의 점유율을 보이고 있다. 항공/군수용 센서산업은 대표적인 업체들이 Honeywell, BEI Tech, Colibrys 등의 기업으로 세계 시장을 과점하고 있다.

최근에는 스마트폰 및 태블릿PC의 보급이 급증하면서 압력센서, 모션 센서, 액셀리미터, 자이로스코프, 나침반과 관련한 모바일 분야의 센서에 대한 R&D가 강화되고 있으며, 이들 센서들의 통합이 가속화되고 있는 것으로 나타나고 있다.

IV. 연구방법

본 연구에서는 국내 센서산업의 혁신체계에 대한 분석을 시행한다. 이를 위해 우선 센서산업의 기업을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 전자부품연구원과 정보통신산업진흥원에서 발간된 센서산업 관련 보고서 및 센서관련 협회를 대상으로 기업 리스트를 수집하였으며, 교차 검토 등을 통해 총 337개의 기업 모집단을 구성하였다. 심층적인 분석을 위해 구조화된 설문지를 제작하였으며, 본 기업들을 대상으로 하여 개별 설문조사를 실시하였다. 총 44개 기업이 설문조사에 응답하여 응답률은 13.1%을 나타내었다. 본 설문조사 결과를 통해 정량적인 분석을 실시한다.

또한 비교적 낮은 설문조사 응답률을 보완하고 정성적인 분석을 수행하기 위하여, 대표적인 기업 6개를 추가로 선정, R&D 담당자와 심층인터뷰를 실시하였다.

<표 5> 설문조사 주요 문항

항목	주요내용
역량	현재까지의 개발 기술
	기술 개발 방식
	상품화 소요 기간
	상품화 장애요인
	개발인력의 교육/기술 수준
	개발인력의 경력
	개발인력의 교육방식
상호작용	개발인력의 만족도
	기술연계의 만족도
	기술 연계의 애로사항
인프라	향후 기술 연계 대상
	시장 선도기술에 대한 기업의 인식
	기업 기술에 영향을 미친 타 기술/제품
	교육 인프라에 대한 인식
	표준제도에 대한 인식
	지적재산권에 대한 인식
	기술혁신에 영향을 미치는 제도/인프라
제도	금융인프라에 대한 인식
	전반적 정부지원에 대한 인식
	정책수단별 중요성에 관한 인식
	추가 지원이 필요한 분야

V. 연구결과

본 장에서는 센서 산업의 혁신체계를 살펴보고자 한다. 앞서 살펴본 것과 같이 산업혁신체계의 주요 구성요소로 기업 역량, 기업간 상호작용, 제도, 인프라 등을 제시하고, 이에 대응하는 문항을 구성하여 분석한다.

1. 기업 역량

기술 R&D 역량을 살펴봤을 때, 지속적인 제품개발 및 기술혁신에 대해서는 응답기업의 50%가 경쟁력수준에 대해 긍정적인 평가를 내렸으며, 경쟁우위 핵심제품/기술 보유 여부는 65.9%, 경쟁사 대비 R&D 역량은 40.9%가 긍정적인 반응을 나타냈다. 반면, 생산성과 관련된 생산성 수준 및 제품/서비스 표준화 수준, 개발프로세스 관리 수준에 대해서는 모든 항목에 있어 긍정적인 평가를 내린 기업체가 40% 미만인 것으로 파악되었다. 정리하면, 각 기업들은 신제품 개발 능력에 대해 비교적 높은 수준을 나타냈으나 생산성과 관련해서는 상대적으로 경쟁 열위에 있는 것을 보였다. 또한 모든 기업들은 가격 및 품질, 브랜드로 구성된 제품의 경쟁력에 대해서 긍정적인 평가를 보인 기업이 60% 수준인 것으로 파악되었는데, 이를 통해 국내 센서 기업들의 경쟁력이 우수한 수준에 있다고 말하기는 쉽지 않다.

비교적 객관적 지표인 특허 보유 현황을 살펴본다면, 53.5%의 기업만이 특허를 보유하여 독자적 기술을 확보하고 있는 것으로 나타났다. 공동개발(21.7%)보다는 자체개발(73.9%)의 비율이 높았으며, 로열티를 지급하면서 외부 기술을 사용하고 있는 기업도 20%에 해당하였다. 센서 기업의 주된 개발방식은 자체개발(61.4%)인 것으로 파악됐다. 다만 외산기술 도입(29.5%) 또한 높은 수준으로 해외기술에 대한 의존도도 다소 존재하는 것으로 파악됐다. 개발기술을 상용화해본 적이 있는 기업은 64.3%이며, 자신들의 기술 중에서 절반인 약 50%만 실제 상용화에 성공한 것으로 파악됐다. 종합해보면, 독자적인 기술을 보유하여 상용화에 성공한 기업조차 상용화에 많은 어려움을 겪고 있음을 의미한다. 주요 장애요인으로는 R&D의 부족과 유사제품간의 과열된 경쟁이 각각 27.3%로 나타났다.

센서산업의 인력 구성을 살펴보면, 전체 인력 규모 평균은 17.2명이며, 이 가운데 R&D 인력은 7.9명, 생산인력은 5.7명, 경영/마케팅 인력은 3.6명으로 나타났다. R&D 인력이 46.0%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 종사 인력의 평균적인 교육/기술 수준을 살펴보면, 복합적 기술의 설계와 개발이 가능한 중급인력이 70.7%에 달하는 것으로 나타났다. 고급인력에 대한 수요가 존재하며, 이는 인터뷰를 통해 기술개발 전문역량을 갖춘 인력 공급 정책이 시급함을 알 수 있다.

“영세 기업 성장을 위해서는 기반 구축, 비용 지원 외에 정부 출연연 등과 연계하여 연구개발 인력에 대한 지원이 더욱 적극적으로 이루어져야 한다. 현재 연구개발 인력은 턱없이 부족하다. 대학에서도 이론 위주의 교육이 이루어지고 있어 기업 입사 후 재교육이 이루어져야 한다. 교육과 실무 간의 격차가 매우 크다.”(A사)

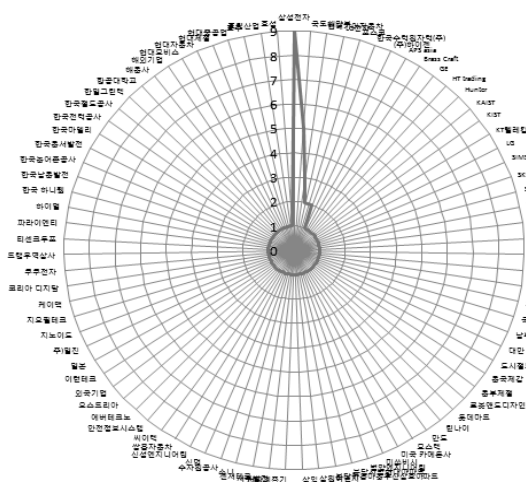
<표 6> 센서기업의 역량 평가

구분			동의 정도				
			평균	표준 편차	부정	보통	긍정
기술 R&D 역량	신제품 개발	지속적인 제품개발 및 기술혁신이 이루어진다.	3.50	.902	13.6	36.4	50.0
		경쟁우위 핵심 제품/기술을 보유하고 있다	3.80	.668	0	34.1	65.9
		경쟁사 대비 R&D 역량이 우수하다.	3.36	.810	9.1	50.0	40.9
		외부기관(기업, 학교, 연구소)과 기술교류 수준이 높다	2.98	.976	31.8	40.9	27.3
	생산성	경쟁사 대비 개발 생산성 수준이 높다.	3.27	.899	13.6	47.7	38.6
		제품/서비스 표준화 수준이 높다.	3.34	.776	6.8	56.8	36.4
개발 프로세스 관리 수준이 높다.		3.27	.817	11.4	54.5	34.1	
제품 역량	가격	경쟁사 대비 제품/서비스의 가격경쟁력이 있다.	3.70	.701	2.3	36.4	61.4
	품질	경쟁사 대비 제품/서비스의 품질경쟁력이 있다.	3.77	.743	2.3	34.1	63.6
		고객 서비스 및 기술지원 능력이 뛰어나다.	3.82	.786	2.3	34.1	63.6
	브랜드	제품 및 서비스에 대한 평판이 좋다.	3.66	.745	6.8	29.5	63.6
		주력분야 전문성에 대한 인지도가 높다.	3.73	.817	9.1	22.7	68.2

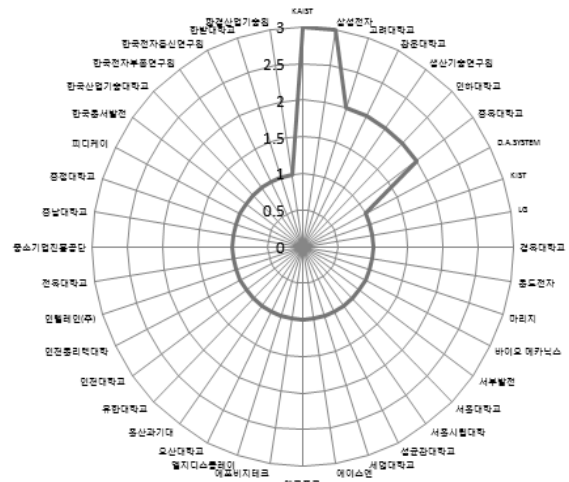
2. 기업간의 상호작용

기업간의 상호작용은 기업간 관계, 산학협력 관계, 국책기관과의 관계 등을 통해 파악할 수 있으나, 상호작용 유형에서 핵심적인 부분은 원하청을 의미하는 하도급 거래 구조와 기술개발을 위한 R&D 협력 관계이다. 하도급 거래 구조를 보면, 97.4%가 원청 기업과의 거래를 하고 있는 가운데, 거래발주자로서 하청을 주고 있는 기업도 73.7%에 달하고 있다. 이는 센서 기업의 상당수가 중간 하도급 업체로서의 지위임을 나타낸다. 센서 산업이 부품 산업이라는 점을 감안하면 원청관계가 지배적이라는 점은 자연스러운 현상으로 판단할 수 있다. 그러나 중간 하도급 업체가 많다는 사실은 센서 산업의 활성화를 통해 전후방 연쇄관계에 있는 관련 산업까지 생산성을 증대시킬 수 있는 파급효과를 기대할 수 있게 한다. 한편, 68.4%의 기업이 R&D 협력 관계를 경험한 것으로 나타나 센서 산업에서 R&D 협력 관계가 비교적 활성화되어 있는 것으로 파악되었다. 유형별로 상호작용 기업(기관)의 평균 규모를 살펴보면, 원청관계에 있는 기업은 2.81개, 하청관계 1.96개, R&D 협력관계 1.88개소 등으로 확인되었다. 즉 센서 산업의 네트워크 구조는 연결 정도가 낮고 분절된 형태임을 알 수 있다.

원청관계가 있는 97.4% 센서기업에서 원청기관은 총 104개이며, 국내 기업이 72.1%로 가장 많고, 다음으로 해외기업(12.5%), 공기업(5.8%), 중앙정부(5.8%) 등의 순으로 나타났다. 국내 굴지의 대기업이 최다 빈도를 보여주고 있으며, 정부인 국토해양부가 두 번째로 많은 빈도를 보여주고 있다. 하청을 주고 있다고 응답한 73.7% 센서기업에서 하청기업의 규모는 총 55개인 것으로 나타났으며, 원청관계에 비해 중소기업 위주로 비교적 고른 분포를 보이고 있다. R&D 협력관계가 있는 68.4% 센서기업에서 협력기관의 규모는 총 49개인 것으로 나타났다. 대학이 53.1%로 가장 많고, 다음으로 민간기업(28.6%), 국책연구소(12.2%), 공기업(6.1%) 등의 순으로 나타났다.



<센서 기업의 원청관계 지형도>



<센서 기업의 R&D 협력관계 지형도>

<그림 5> 센서 기업의 협력관계 지형도

이외에도, 국내 기관 중 거래, 협력, 자문, 지원 등 다양한 방식의 관계를 모두 고려하여 분석한 결과, 가장 많은 비중을 차지하고 있는 부문은 민간기업(32.9%)으로 나타났고, 대학(25.7%), 공기업(14.3%), 국책연구원(12.9%) 등의 순으로 나타났다. 민간기업 및 공기업 등의 경제적인 거래관계가 중요하다는 응답한 비중이 약 50%를 차지한 가운데, 대학 및 국책연구소와의 R&D 협력 관계를 중요하게 여기는 비중도 약 40%에 달하고 있다. 이는 현재 센서산업이 산업발전단계상 성숙도가 낮아 상용기술 확보를 위한 연구에도 상당히 집중하여 진행되고 있음을 시사한다. 한편 해외 기관 중 중요한 상호작용 관계를 가진 곳은 총 34개가 언급되었으며, 연계가 두드러지게 나타난 곳은 없는 것으로 나타났다.

3. 제도

법, 정책 등의 제도에 대한 필요성을 살펴보기 위해, 다양한 항목을 조사하였다. 우선 센서 산업은 다양한 가치사슬 구조를 형성하고 있으므로, 각 항목별 중요도를 살펴볼 필요가 있다. 세부적인 구성요소로는 소재, 소자, 모듈, 시스템, 응용 순으로 가치가 이동하는데, 특히 기초 인프라에 해당하는 소재(15.9%) 및 소자(22.7%)가 중요함에도 불구하고 미흡한 것으로 나타나고 있다. 이는 센서 산업의 혁신체계를 구축하는 데 있어 정부 정책이 장기적이고 단계적으로 수립되어야 할 필요성을 의미한다. 이와 같이 인프라 수준이 미흡한 것은 R&D 투자를 위한 자금력이 없는 기업이 대부분인 센서 산업의 영세성에서 비롯된 것이다. 이는 다음의 인터뷰를 통해서도 확인할 수 있다.

“센서 산업 다수 업체가 영세한 규모로 자금력이 부족하다. 설비 투자를 위해서는 막대한 자금이 필요한데, 이를 감당할 수 없다. 실험 장비가 매우 고가이기 때문에 구입조차 못하는 것이다. 이를 감당할 수 있는 기업은 우리와 같은 소수의 중견기업 뿐이지만 R&D에 많은 투자를 하고 있는 우리 또한 부담스러운 경우가 있다.”(B사)

센서 기업이 사업을 추진하는 데 있어 가장 큰 어려움으로 지목된 것은 자금 조달(24.4%)이 가장 높으며, 그 다음으로 마케팅이 19.5%, 가격경쟁력의 확보가 14.6%의 순으로 나타났다. 센서 기업의 자금 조달방법은 내부조달(39%)과 정부 정책 자금(39%)이 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 금융기관 지원은 14.6%에 불과한 것으로 확인되었다. 국내 센서 산업의 활성화를 위해 해결해

야 할 장애요인을 복수로 선정하였는데, 선진국 제품 대비 낮은 경쟁력(50%)과 미흡한 국내 제품 상용화 단계(40.9%)가 가장 많이 선택되었다. 따라서 센서산업 지원정책의 방향은 장기적·단계적 접근을 토대로 개발기술의 상용화 단계까지 포괄하는 것이 필요하다.

<표 7> 국내 센서 산업 활성화의 장애요인

구분	1순위	2순위	1+2순위
선진국 제품 대비 낮은 경쟁력	22.7%	27.3%	50.0%
시장개척 미흡	13.6%	18.2%	31.8%
국내 제품 상용화 단계 낮음	13.6%	27.3%	40.9%
수요자의 국산품 사용 인식 부족	27.3%	9.1%	36.4%
정부정책 지원 미흡	18.2%	15.9%	34.1%
기타	4.5%	2.3%	6.8%

센서 산업 전반에 대한 정부 지원정책의 효과성에 대하여 질문한 결과, 5점 척도에서 평균 2.90로 나타났으며, 긍정 비율은 22.0%인 반면, 보통은 53.7%, 부정 24.4%로 비교적 미흡한 수준인 것으로 나타났다. 기업이 효과적이라고 판단한 정책을 기준으로 하여 향후 추가적인 강화(또는 신설)가 필요한 정책으로는 ‘공용장비 및 공용인프라 시설 확충’(51.2%), ‘기술개발 이후 상용화 개발 지원 확대’(48.8%), ‘기업 자금 지원’(48.8%)이 선택되었다. 이 또한 아래의 인터뷰를 통해 그 중요성이 확인될 수 있다.

“공용장비와 공용인프라 시설이 필요하다. 하지만 지금과는 조금 다른 방식으로 접근하길 기대한다. 공용장비는 중소기업이 저렴한 비용 또는 무료로 인증을 받을 수 있도록 지원하고 공용인프라로 양산이 필요한 중소기업에게 양산노하우와 실제 양산을 지원해주길 기대한다.

센서 산업은 기술개발에 오랜 시간이 소요된다. 정부지원(기술개발과제 및 직접지원 등)은 장기적으로 필요하다. 단순히 기술 개발 과제로 끝나지 않고 지속적인 관리가 필요하다. 비용을 지원하는 것도 중요하지만 실질적으로 상용화시킬 수 있는 노하우를 지원하는 것도 중요하다고 생각한다. 기술 상용화에 있어 어려운 점은 대량생산의 어려움(양산 인프라 및 노하우 부족, 막대한 투자비용 등), 마케팅 및 판매 문제(국산 센서의 인지도 부족, 타 산업에 제품 적용 어려움 등)가 있고, 따라서 양산 노하우 전수 및 양산 비용 지원, 조달청 및 국가기관에서 국산 센서 장려 정책 마련이 필요하다고 생각한다.”(C사)

“파운드리 인프라는 서울대, KAIST, 전자부품연구원, RFID/USN 센터 등에 이미 존재하고 있다. 그러나 공공기관에서 운영하는 인프라는 규격이나 설비 노후화 등으로 인해 만족하기 어렵다. 가장 우수한 시설을 보유하고 있는 RFID/USN 센터의 시설의 경우, 최근에 민영화되면서 비용 상승으로 인해 인력이 감축되었다. 특히 경쟁업체인 민간 기업이 운영하고 있기 때문에 기술 유출 우려가 있어 이용하는 것이 꺼려진다.

파운드리 인프라는 R&D용과 양산용으로 구분해 볼 수 있는데, 둘 다 필요하다. 그리고 범용성이 높은 기술을 위한 인프라와 세부 기술 분야별 인프라도 함께 구축되어야 한다고 본다. 공용인프라 뿐만 아니라 소프트웨어에 해당하는 인력의 전문성이 중요하다는 점을 강조하고 싶다.”(D사)

4. 인프라

마지막으로 인프라 구축과 관련된 사항을 살펴보면, 우선 센서 산업의 기술혁신 및 경쟁력 강화에 가장 큰 영향을 미치는 제도 혹은 이를 위해 가장 시급하게 개선되어야 할 제도로 표준화 제도를 꼽은 기업이 가장 많았으며(36.6%), 그 다음으로 지적재산권 보호제도 및 금융제도가 각각 22.0%의 순으로 나타났다. 특히 센서의 표준 규격 등의 표준제도의 필요성에 대해 응답 기업의 77.3%가 필요하다고 응답해 관련 제도 정비에 대한 요구가 높은 것으로 파악되었다. 현재 센서 산업은 표준제도의 미비로 인해 센서 규격이 업체별로 제각각이므로, 표준제도의 도입을 통해 생산자는 ‘중복투자 방지’, ‘제품 표준화’가 가능하여 비용절감 효과가 있으며, 수요자도 ‘표준화된 시험 방법’과 ‘성능평가가 용이’해지기 때문에 선택권을 강화할 수 있는 효과가 있다.

<표 8> 센서 산업 관련 제도 효과성 평가

정책	효과성 평가				
	평균	표준편차	비효과적	보통	효과적
전문인력 양성 등 교육 시스템	3.0	.707	9.8	73.2	17.1
기술개발 자금 및 세제 혜택, 벤처캐피탈 등 금융제도	3.22	.962	17.1	48.8	34.1
지적재산권 보호제도	3.12	.748	12.2	65.9	22.0

센서 산업의 전문 인력 양성을 위한 교육 시스템 전반에 대한 평가결과, 효과적이라고 응답한 기업은 17.1%, 보통 73.2%, 비효과적은 9.8%로 대다수 기업이 보통 수준의 평가를 내린 것으로 나타났다. 따라서 센서 산업의 근본적인 경쟁력 제고를 위해 우수한 센서 개발인력이 양성될 수 있는 지원이 필요 하며, 이는 결국 ‘센서 관련 기초과학 지원을 강화’하는 것에서 출발해야 한다.

정부 및 민간 벤처 캐피탈 등 각종 금융지원을 전반적으로 평가한 결과, 금융제도가 효과적이라고 응답한 기업은 34.1%로 비교적 높은 수준이었지만, 비효과적이라고 응답한 기업 또한 17.1%에 달해 금융지원 혜택으로부터 소외되어 있다고 판단하는 기업 또한 상당수 있는 것으로 파악이 되었다. 정부의 금융지원제도가 비효과적이라고 응답한 사유로 ‘심사가 비전문적이다’, ‘지원 받는 곳만 받는다’, ‘단기성 지원으로 신규 사업 자금 경색 해소로는 불충분하다’, ‘나뉘먹기식 자금 지원으로는 고급 센서 개발이 어렵다’ 등이 언급되었다. 단순 금융지원보다는 기술개발을 위한 실험 설비 및 필수 장비와 관련된 지원 대책이 마련되어야 할 것이며, 센서관련 벤처기업의 활성화를 통해 고등 교육 인력의 전문성과 실무 능력을 제고할 수 있도록 해야 한다. 이는 다음의 인터뷰를 통해 확인할 수 있다.

“기초가 되는 센서를 개발하기 위해서는 높은 R&D 비용과 생산 비용이 필요한데 자금지원이 미흡하다. 처음부터 큰 사업을 진행하는 중소기업은 없다. 중소기업으로 시작해서 강소기업, 중견기업 순으로 발전할 수 있는 자금 지원 계획이 필요하다. 은행권에 정책자금 지원과 기술보증기금의 확대가 필요하다. 현재 은행의 중소기업 또는 벤처기업 금리는 높다고 판단한다.”(E사)

“센서산업에 대한 지원은 대부분 대기업 등에 지원되는 것으로 알고 있다. 관련 기술력 하나만 보고 지원해주어야 하는데 센서개발 및 업체 정부 지원시 매출액, 인원 보고 지원해 주는지 잘 모르겠다. 그러니 소규모 전문 기업은 지원 받을 수가 없다. 예를 들어, 라면회사서 센서 개발한다면 매출액은 수천억이요 인원도 수천 명이라 100% 지원 받는다”(F사)

지적재산권 보호제도와 관련해서는 효과적이라고 응답한 기업이 22%, 보통은 65.9%, 비효과적이라는 기업은 12.2%로 나타났다. 비효과적이라고 응답한 사유로는 ‘작은 변경만으로 특허를 재등

특하는 기술 도용 사례를 방지할 수 없다'와 '지적재산권 유지비 비용에 부담을 느낀다'라는 지적이 있었다. 특히 지적재산권 유지를 위한 비용은 중소기업 입장에서 큰 부담이 된다는 것을 다음 인터뷰를 통해 알 수 있다.

“금융/기술 및 재산권 인증제에서 특히나 인증의 유지비용 여력이 없다. 벤처기업 및 특화기업에 대한 세제혜택 및 제도 개선이 필요하다. 예를 들면 인증비용 및 유지에 있어 선정업체에 한해 감면 및 자금지원이 필요하다.”(G사)

VI. 결론 및 시사점

본 연구는 IT융합의 핵심역량으로 주목받고 있는 센서 산업의 혁신체계를 분석하였다. 센서는 공장 자동화의 핵심 기기로 생산 공정의 자동화, 자동차, 우주 항공 등으로 그 영역이 확장되고 있으며, 특히 반도체집적화기술, 초정밀전자기계시스템 등의 첨단 기술과 연계되어 향후 IT융합시대의 핵심 기반 기술로 자리 잡을 것으로 예상되고 있다. 이러한 센서산업의 산업혁신체계를 살펴보기 위해 해당 기업의 역량, 상호작용, 제도, 인프라 등을 주요 요소로 하는 설문조사 및 추가적인 심층 인터뷰 등을 통해 자료를 수집하여 분석하였다.

센서 산업에 종사하는 기업들은 R&D, 제품, 특히 측면에서 자신들의 역량에 대해서 전반적으로 긍정적인 평가를 하는 것으로 나타났다. 반면 개발된 기술의 상용화에 대해서는 특히 시장 개척에 대한 어려움을 호소하고 있다. 기업간의 상호작용 측면에서는 주로 원청관계를 나타내었으며, 그 중에서도 국내 대기업 등 민간기업의 비중이 가장 높았다. 반면 R&D 협력은 대학 또는 국책연구소와의 관계가 높게 나타났다. 제도측면에서 살펴보면, 정부 정책에 대한 효과는 비교적 긍정적으로 보고 있으나, 기술인력 및 자금지원에 있어서 더욱 시급함을 나타냈으며, 특히 자금 조달은 정부 정책자금이 가장 높은 비율을 차지하고 있었다. 산업 활성화의 장애요인으로 시장 개척의 미흡함과 국내제품 상용화 부족이 높은 비율을 차지하였다. 인프라측면에서의 제도는 표준 및 금융 관련 제도의 필요성이 가장 높게 제시되었다.

이러한 조사 결과를 바탕으로 센서산업의 혁신 역량을 강화하기 위한 정책적 대안을 다음과 같이 제시하고자 한다. 첫째, 센서산업의 혁신 역량을 체계적으로 강화하기 위해서는 R&D와 경영, 마케팅 등의 R&D 관리가 유기적으로 연계될 수 있는 정부의 정책적 지원이 필요하다. 따라서 단순 R&D 능력뿐만 아니라 기술경영 등 관리 능력과 관련된 인력 육성 정책이 확대될 필요가 있다. 센서 기업들이 시장 개척 및 기술 상용화 측면에서 어려움을 호소하였는데, 이를 해결하기 위해 R&D 전주기적으로 이해도가 높은 인력 공급이 필요하다.

둘째, 상호작용을 위한 정부의 기존 지원 정책은 기술 교류 중심의 네트워크를 법이나 규제를 통해 강제로 형성하는 것이 주를 이루었다. 이는 기업의 입장에서 자신들이 어렵게 만든 기술을 착취당할 수 있다는 불안감에 휩싸이게 한다. 따라서 R&D 협력 뿐 아니라 기술 개발 상용화와 관련된 다양한 주제에 대하여 기업들이 자발적으로 참여할 수 있도록 공론의 장을 마련하고 이를 통해 다양한 아이디어가 교류될 수 있도록 개방형 혁신 네트워크를 활성화시켜야 한다.

셋째, 센서 산업은 소재 및 소자에 해당하는 핵심 부품의 자체 기술이 비교적 부족하여 이를 대부분 수입에 의존하고 있기 때문에 자체 기술 개발에 필요한 인프라를 지원하는 것이 필요하다. 특히, 소재, 소자 기술을 개발하기 위해서는 많은 비용이 투입되는데 한국의 경우 영세한 중소기업들이 센서 산업의 대다수를 차지하므로 기술 개발 비용을 감당하기에는 한계가 존재한다. 따라서 센서 산업의 핵심 기술 경쟁력을 강화하기 위해서 어느 정도 역량을 갖춘 중견기업을 육성할 수 있는 방안을 마련해야하며 그 효과가 지속될 수 있도록 관리하는 것이 필요하다.

본 연구를 통하여 IT산업의 핵심요소인 센서산업의 혁신체계를 이해하고, 추가적인 정책적 대안

을 살펴보았다. 센서산업에 대한 단순 실태조사를 넘어서 산업혁신체계 관점으로 살펴본 것은 센서산업에 대한 이해도를 높이고 보다 의미 있는 정책적 대안을 제시한 것으로 판단된다. 보다 구체적인 실증 자료를 기반의 분석이 수행된다면 더욱 세부적으로 적용할 수 있는 정책적 시사점이 도출되리라 판단된다.

참고문헌

- 김진용, 정재용 (2003), “특허 데이터를 활용한 정보통신 산업혁신체계의 역동성 분석”, 기술혁신연구, 제 11권 2호.
- 지식경제부 (2012), “IT 성과와 향후과제”.
- 전자부품연구원 (2008), “센서 개황 및 바이오칩”.
- 전자부품연구원 (2011), “압력 센서 현황 분석”.
- 전자부품연구원 (2012), “국내 센서 산업의 현황”.
- 정보통신산업진흥원 (2010), “국내 센서 산업 현황 분석”. IT 부품 Monitoring Report 10-06
- 정보통신산업진흥원 (2011), “산업특성별 IT R&D 체계 개선 방안 조사: 임베디드 소프트웨어와 시스템 반도체 산업을 중심으로”.
- 정보통신산업진흥원 (2012a), “2012 정보통신산업의 진흥에 관한 연차보고서”.
- 정보통신산업진흥원 (2012b), “산업별 IT R&D 혁신체계 개선방안 연구”.
- 정보통신산업진흥원 (2012c), “IT산업 주요통계”.
- 정보통신산업진흥원 (2012d), “스마트 센서 R&D 동향 분석”. IT R&D 정책동향 2012-5호
- Andersson, T. (1998), “Managing a Systems Approach to Technology and Innovation Policy”. STI Review, 22.
- Bresnahan, T. and F. Malerba (1999), “Industrial Dynamics and the Evolution of Firms’ and Nations’ Competitive Capabilities in the World Computer Industry”, in: Mowery, D. et al. (Eds.), Sources of Industrial Leadership, Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Carlsson, B., & S. Jacobsson. (1997), "In Search of Useful Public Policies: Key Lessons and Issues for Policy Makers". In Carlsson, B. (eds.), Technological Systems and Industrial Dynamics, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Edquist, C. and B. Johnson (1997), “Institutions and Organizations in Systems of Innovation”, in Edquist, C. (Ed.), Systems of Innovation: Growth, Competitiveness and Employment, Vol. 1, London: Frances Pinter.
- Kuznets, S. (1930), “Secular Movements in Production & Prices - Their Nature & Bearing on Cyclical Fluctuations”, Houghton Mifflin, Boston
- Malerba, F. and Orsenigo, L. (1990), “Technological Regimes and Patterns of Innovation: a Theoretical and Empirical Investigation of the Italian Case”, in Heertje, A. (Ed.), Evolving Technology and Market Structure, University of Michigan Press.
- Malerba, F. and L. Orsenigo (1993), “Technological Regimes and Firm Behavior”, Industrial and Corporate Change, Vol. 2, pp. 45-74.
- Malerba, F. and L. Orsenigo (1994), “Schumpeterian Patterns of Innovation”, Cambridge Journal of Economics, Vol. 19, pp. 47-66.
- Malerba, F. and L. Orsenigo (1996a), The Dynamics and Evolution of Industries, Oxford: Oxford University Press, pp. 51-87.
- Malerba, F. and L. Orsenigo (1996b), “Schumpeterian Patterns of Innovation are Technology - Specific”, Research Policy, Vol 25, pp. 451-478.
- Marleba, F. & L. Orsenigo, (1997), “Technological regimes and Sectoral Patterns of Innovative Activities”. Industrial and Corporate Change, 6: 83-117.

- Malerba, F. (1998), "Sectoral system in Europe – Innovation, Competitiveness and Growth", ESSY working Paper, Italy: University of Bocconi.
- Malerba, F. and Orsenigo, L. (2000), *Knowledge, Innovative Activities and Industrial Evolution*, Oxford: Oxford University Press.
- Malerba, F. (2002), "Sectoral Systems of Innovation and Production", *Research Policy*, Vol. 31, pp. 247-264.
- Malerba, F. (2005), "Sectoral Systems of Innovation: A Framework for Linking Innovation to the Knowledge Base, Structure and Dynamics of Sectors". *Economic Innovation New Technology*, 14(1-2): 63-82.
- Marshall, A. (1879), "The Pure Theory of Foreign Trade". Reprinted by the London School of Economics and Political Science, 1930.
- Marshall, A. (1890), "Principles of Economics", London: Macmillan and Co.
- Moore, J. F. (1996). "The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems", Harper Business.
- Moore, J. F. (2005), "Business Ecosystems and the View from the Firm". *The Antitrust Bulletin*(Fall 2005). Retrieved from website
- Nelson, R. and Sampat (1998), "Making sense of Institutions as a Factor Shaping Economic Performance", Mineo.
- Norgren, L. & J. Hauknes. (1999), "Economic Rationales of Government Involvement in Innovation and the Supply of Innovation-related Services". RISE Work Programme.
- Rostow, W. (1960), "The Stages of Economic Growth", Cambridge, Cambridge University Press
- Smith. K. (1999), "Innovation as a Systemic Phenomenon: Rethinking the Role of Policy". in Bryant, K., A. Wells (eds.), *A New Economic Paradigm? Innovation-Based Evolutionary Systems*, Commonwealth of Australia, Department of Industry, Science and Resources, Science and Technology Policy Branch, Canberra.
- Schumpeter, J. A. (1939), "Business Cycles", Porcupine Press : Philadelphia
- Woolthuis, R. K., M. Lankhuizen and V. Gilsing. (2005), "A System Failure Framework for Innovation Policy Design." *Technovation*, 25: 609-619.