

모델링 및 시뮬레이션 서비스 산업 분류 및 현황 분석

김명일¹, 정재연¹, 한유리¹, 박성욱², 김재성^{1*}

¹한국과학기술정보연구원 가상설계센터, ²한국과학기술정보연구원 첨단정보전략실

An Analysis and Industrial Classification of Modeling and Simulation Service Industry

Myungil Kim¹, Jaeyun Jung¹, Yuri Han¹, Sung-Uk Park², Jaesung Kim^{1*}

¹Supercomputing Modeling & Simulation Center, KISTI

²Dept. of Advanced Information Strategy, KISTI

요 약 2000년대 이후 국내 제조업 성장률은 지속적으로 하락하고 있으며, 매출 및 고용이 감소하고 있는 추세이다. 주요 선진국은 제조업 경쟁력 강화를 위한 다양한 전략을 수립하여, ICT 기술과의 융합을 통한 제조업 혁신을 도모하고 있다. 제조업 혁신의 핵심은 제품 설계 단계에서 모델링 및 시뮬레이션(M&S) 기술을 통해 신제품 개발 시간 및 비용을 절감하는 것이다. M&S 산업은 산업 가치사슬의 상위분야에 속하며, 타 산업으로의 과급효과가 큰 업종이다. 그러나 국내 M&S 기업의 역량은 선진국 대비 매우 취약한 상황이며, M&S 기업의 정의 및 분류조차 이루어지지 않고 있다. 본 논문에서는 한국표준산업분류를 분석하여 M&S 서비스 기업들이 포함되는 5개의 산업 세세분류를 도출하고, 11,822개의 관련 기업 중 3단계의 선정 절차에 따라 307개의 M&S 서비스 기업을 도출하였다. 이중 211개의 M&S 서비스 기업 현황을 조사하여 국내 M&S 기업의 역량을 분석하였다. 제조업에 대한 의존도가 높은 우리 경제의 특성을 고려할 때, 향후 지속적인 경제성장을 위해서는 고급 두뇌산업인 국내 M&S 서비스의 역량 향상 및 생태계 조성을 통한 제조업의 경쟁력 강화가 필요하다.

Abstract Since the year 2000, the growth rate of domestic manufacturing has declined and the sales and employment have decreased. Major developed countries have established a variety of strategies to strengthen their manufacturing competitiveness, and promote manufacturing innovation through the convergence of technology and ICT. The key to manufacturing innovation is to reduce the time and cost for developing new products using modeling and simulation (M&S) technology in the product design stage. M&S industries, which belong to the top sector of the industry value chain, have a huge ripple effect across other industries. On the other hand, the competitiveness of the domestic M&S industry is weak compared to developed countries and even the definition and classification of domestic M&S companies have not been made. In this paper, by analyzing the Korea Standard Industry Classification (KSIC), five fine industry classifications included in M&S service companies were derived. In addition, the 307 M&S service companies were derived in accordance with the selection procedure of 3 steps from the 11,822 related companies. To analyze the capabilities of domestic M&S service companies, the current status of the selected M&S service companies was investigated. Considering the Korean economy's high dependence on the manufacturing industry, strengthening the competitiveness of manufacturing industry is required by enhancing the capacities and building an ecosystem in domestic M&S services for future sustainable economic growth.

Keywords : Business Analysis, Industry Classification, Manufacturing Innovation, Modeling, Simulation

본 논문은 한국과학기술정보연구원 주요사업 지원으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Jaesung Kim(KISTI)

Tel: +82-42-869-0913 email: jaesungkim@kisti.re.kr

Received January 10, 2017

Revised (1st February 1, 2017, 2nd February 13, 2017)

Accepted March 10, 2017

Published March 31, 2017

1. 서론

제조업은 1960년대 이후 꾸준한 성장을 통해 우리나라의 경제성장을 이끈 핵심 원동력이지만, 대기업 및 수출 산업 중심의 성장은 지속적 발전과 혁신을 추구하기에는 구조적으로 한계가 있었다. 2000년대 이후 국내 제조업 성장률은 큰 폭으로 감소하고 있으며, 제조업의 매출액 또한 하락세를 보이고 있다. 우리 제조업은 새로운 성장 동력 발굴이 미진한 상황이며, 기존 우위 제품에 대한 '지속적 비교 우위 창출' 측면에서도 한계 상황에 도달하였다. 이로 인해 제조업의 실질성장률은 3년째 둔화하여, 제조업 부문 고용이 감소하고 있는 상황이다[1]. 또한 2011년부터 3년간 제조업 생산증가율은 2.2%로 2001~2010년의 3분의 1토막으로 내려앉았다[2].

주요 선진국들은 제조업 경쟁력 강화를 위한 다양한 전략을 적극 추진하고 있으며, 이에 따른 국내 제조업의 경쟁력 위축 가능성성이 증가하고 있다. 또한 우리나라의 제조업 투자 증가세는 둔화된 반면, 미국, 독일, 일본 등 주요국들은 제조 혁신 분야에 대한 투자 확대로 제조업 투자 증가세가 빠르게 회복하고 있다. 주요 선진국은 제조경쟁력을 강화를 위해 첨단 ICT(Information and Communication Technology) 기술과 제조업의 융합을 위한 「제조혁신 계획」을 수립하여 강력하게 추진하고 있다[3].

제조업 혁신을 위해서는 제품 생산 공정의 변화를 통한 제품개발 기간단축 및 비용절감이 선행되어야 하며, 이를 위한 핵심요소는 제품 설계의 혁신이다. 그러나 우리나라 제조업은 설계부문의 제조서비스(엔지니어링, 제품디자인 등) 역량이 취약하며, 이를 극복하기 위한 장기적 관점의 제조 경쟁력 제고 전략이 필요하다. 이를 위해서는 제조업의 고부가가치화와 제조서비스 활성화를 통한 제조업 경쟁력 우위 확보 대책 마련이 필요하며, 첨단 과학기술과 제조업의 융합 전략 수립이 필요하다.

모델링 & 시뮬레이션(Modeling & Simulation, 이하 M&S) 기술은 제조업 전체로 활용이 확대되고 있으며, 글로벌 및 국내 시장이 급성장하는 추세이다. M&S의 핵심인 CAE(Computer Aided Engineering) 분야는 '16년 3조 4천억 원대의 세계 시장을 형성할 것으로 보여지며, 국내에서는 '16년 1,260억 원 규모의 시장이 형성될 것으로 판단되고 있다[4].

M&S 산업은 산업 가치사슬의 상위분야에 속하며, 타 산업으로의 파급효과가 큰 업종이지만 우리나라 M&S 기업의 역량은 선진국 대비 매우 취약한 상황이다. 심지

어 M&S 기업의 정의 및 분류조차 없는 실정이다. 국외 M&S 기업이 국내 M&S 소프트웨어 시장의 약 95%를 잠식중이며, 국내 M&S 소프트웨어 개발 기업은 극소수에 불과하다[5]. 또한 국내 M&S 개발 상위 기업인 M사(건축, 세계1위), F사(동역학, 세계2위), A사(주조, 세계3위)를 제외한 대부분의 M&S 관련 기업들은 매우 영세한 실정이다[6].

제조업에 대한 의존도가 높은 우리 경제의 특성을 고려할 때, 향후 지속적인 경제성장을 위해서는 국내 M&S 서비스의 역량 향상을 통한 제조업의 경쟁력 강화가 시급한 실정이다. 본 논문에서는 국내 M&S 기업 현황을 조사·분석하고, 이를 기반으로 M&S를 활용한 국내 제조업의 경쟁력 강화방안을 제시한다. 2장에서는 M&S의 개념을 정의하고 관련 선행연구를 살펴보았으며, 3장에서는 국내외 제조업 혁신을 위한 정책동향 및 M&S 활용 대한 분석결과를 제시하고, 4장에서는 M&S 산업 범위 및 관련 기업을 도출한다. 5장에서는 M&S 서비스 기업의 실태 분석 결과를 기술하며, 마지막으로 6장에서는 M&S를 활용한 국내 제조업 경쟁력 강화 방안을 제시한다.

2. 이론적 배경

2.1 모델링 & 시뮬레이션의 정의

모델링 & 시뮬레이션(Modeling and Simulation, 이하 M&S)은 그 자체의 지식체계, 이론 및 연구방법론을 가진 하나의 분야이나, M&S에 대한 학문적 정의는 아직 명확히 정립되지 않은 것이 중론이다. 최근 혁신에 대한 ICT 기여도 증가에 따른 M&S의 산업적 활용성과 중요성을 감안할 때, M&S의 개념, 관련 용어 및 범위 등과 같은 포괄적인 학문적 정의의 정립에 대한 필요성이 증대되고 있다[7,8].

그 대표적인 예로, 미 국방부(Department of Defense, DoD)는 M&S를 '물리적, 수학적 또는 논리적 방법을 통해 관심 시스템이나 개체 또는 현상이나 프로세스를 표현하는 모델을 만들고, 이를 정적·동태적으로 분석하는 활동'이라 정의하였다[9]. 이와 같은 맥락에서 국내 연구에서는 M&S를 관심 시스템과 그 시스템의 동작원리를 표현하여 시간 순차적으로 구현하여 나타내는 것이라고 정의하였다[10]. 미국연구재단(National Science Foundation, 이하 NSF)은 국가 R&D의 효율화를 위한 하나의 수단

으로써 M&S의 활동을 강조하고 엔지니어링 관점에서 M&S를 정의하였다. NSF에 따르면 M&S는 공학적 시스템에 대한 모델을 수립하고, 이에 대해 계산과학적인 방법을 이용하여 물리적인 이벤트나 반응을 예측하는 것이다[11].

상기 M&S에 대한 정의에서 알 수 있듯이, M&S는 주로 디지털 환경에서 운용되는 기술인 만큼 다양한 컴퓨터과학 분야의 발전과 밀접한 연관이 있으며, ‘산술(Arithmetic)’과 같이 여러 과학 분야에 스며있는 다학제적인 특성을 가지고 있다[12,13]. M&S는 공학 및 과학 분야뿐 아니라, 사회과학, 비즈니스, 의학, 교육 등의 다양한 유형의 연구 분야를 아우르는데, 동적 모델을 이용하여 실험할 수 있는 어떤 분야에도 적용될 수 있다는 특징을 지닌다[14].

이러한 엔지니어링 M&S 기술을 제조업에 접목시켰을 때, 우리는 현실 세계의 물리적인 모델을 대신하여 이를 디지털 공간에서 시제품을 만들고 그 성능을 예측함으로써, 이를 기반으로 최적의 의사결정을 내릴 수 있게 된다. 이러한 관점에서 엔지니어링 M&S를 ‘제품개발의 핵심 단계인 제품 설계 단계를 가상화(Virtualization)’함으로써, 실제 물리적 제품 제작 및 실험활동을 가상의 제품 제작(모델링)과 공학해석(시뮬레이션) 활동으로 대체함으로써 제품 개발 비용과 시간을 획기적으로 단축할 수 있는 기술’이라 정의할 수 있다[15,16].

2.2 선행연구

본 연구에서는 새로운 산업분야를 선정하고 해당 산업현황을 분석하여 시사점을 찾아낸 선행연구를 소프트웨어 및 PC 산업, 제조업 기반 서비스 산업의 관점에서 검토하였다. 먼저 소프트웨어 산업 관점에서 안연식·송철문(2014)의 연구는 소프트웨어 산업 관련 기업현황 및 국내·외 시장분석을 통해 소프트웨어 산업 분야의 산업 구조개선 방안을 탐색하였다[17]. 소프트웨어산업 관련 업체 규모 및 국내/외 시장 규모 데이터를 가지고 공급 및 수요요인을 파악하여 산업현황을 분석하고, 이를 토대로 IT서비스, 솔루션 부문에 대해 기업 규모별로 국제 경쟁력 확보를 위한 소프트웨어 산업의 구조개선 방향을 각각 제시하였다. 그 결과, IT서비스 기업 중, 대기업은 규모의 경제를 살리는 방향으로, 중소기업은 요소기술 전문업체로 발전하는 방향으로 정책을 제공해야 하며, 솔루션 기업의 경우, 고부가가치 제품 개발 중심으로 운

영해야 한다고 제언하였다.

소프트웨어산업의 국제경쟁력 확보방안에 관한 이국철(1994)의 연구는 한국과 미국의 소프트웨어관련 기업을 대상으로 기업현황 및 경쟁력을 분석하여, 국내 소프트웨어산업에 필요한 국제경쟁력 향상을 위한 구체적인 방법과 정책수단을 제시하였다[18]. 이 연구에서는 표본으로 선정한 미국과 한국의 소프트웨어 기업을 대상으로 설문조사를 실시하여 요소조건 변수와 기업성과 변수를 도출하였고, 그 변수를 이용하여 국제경쟁력 분석모형으로 경쟁력을 분석하였다. 우선 미국업체를 대상으로 유의미한 결과가 나타난 경쟁 환경 요인을 중심으로 한국과 미국의 현황을 비교하여, 그 결과를 토대로 한국 소프트웨어산업의 국제경쟁력 증대 방안을 제시하였다. 김주성·노미진(2008)의 연구는 국내 차세대 PC산업의 현황 및 경쟁력을 분석하기 위하여 차세대 PC산업의 핵심 기술 및 기기분야를 규정하여 관련 기업을 도출하였다[19]. 또한 대상 기업들의 실태조사를 통해 국내 시장현황을 분석하였으며, 기업대상 설문조사를 통해 국내 차세대 PC산업의 가격경쟁력, 기능경쟁력, 마케팅경쟁력 등 다방면에서 경쟁력을 분석하였다.

제조업기반 서비스산업 및 엔지니어링산업 분야에서도 위와 같은 방법론을 채택한 연구가 있으며, 장기진·최혁준(2014)의 연구는 지식기반산업의 개념을 정립하였고, 한국표준산업분류상 규정된 지식서비스산업의 범위를 토대로 제조기반 지식서비스 산업을 새롭게 정의하고 분류하였다[20]. 이어 국내/외 지식서비스산업 정책 분석을 통해 지식서비스산업 육성 및 발전을 위한 정책적 시사점을 찾았고, 제조업과 지식서비스의 역할과 특징을 각각 분석하여 상호 발전할 수 있는 지식서비스의 전략을 탐색하였다. 그 결과, 제조기반 지식서비스산업의 발전전략으로 지식서비스 생산을 위한 인프라 구축, 지식서비스산업의 R&D 투자 확충, 체계적인 정부관리 시스템 구축 등을 제시하였으며, 제조기반 지식서비스산업의 발전을 통해 양질의 일자리 창출과 경제성장도 이끌어낼 수 있다고 주장하였다.

산업연구원에서 2014년과 2016년에 발간된 제조 엔지니어링 관련 보고서에서도 제조엔지니어링 산업분야의 산업실태분석과 국내발전방안 연구를 위해 제조 엔지니어링의 정의를 재정립하고, 이에 해당하는 산업분류기준을 규정함으로써 기업의 비즈니스 역량을 분석했다[21,22].

미국 뉴햄프셔 대학에서는 점점 규모가 확장되고 있는 외식산업의 분류에 대한 연구를 통해 외식산업 관련 기준의 KRI(Kivela Reece and Inbakaran), NAICS(National American Industry Classification System), NRA(National Restaurant Association) 등의 다양한 분류체계를 비교·분석하여 문제점을 지적하고 단일 분류체계의 필요성을 역설하였다[23]. 이 연구에서는 분류분석(Classification Analysis)을 위해 널리 활용되는 통계 방법론을 기반으로 하는 새로운 체계를 제안하고 있으며, 이는 기술 통계(Descriptive Statistics)나 질적 방법론(Qualitative Method)에서 제공할 수 없는 다양한 지식을 개발 할 수 있다고 기술하고 있다. 이를 통해 외식 산업계 및 학계에서 공통적으로 활용할 수 있는 일관성 있는 분류 체계를 제공할 수 있다고 주장한다. 2011년 영국에서는 SIC 2007(The new Standard Industrial Classification)의 영향력을 분석하여 영국 경제의 변화를 예측한 연구를 발표하였다[24]. 이 연구에서는 SIC 2003과 SIC 2007를 비교·분석하여 인력채용과 연매출액의 관점에서 영국 경제 전반에 걸친 영향력을 예측했다. 특히 분류체계에 큰 변화가 발생한 제조 부문과, 새로운 비즈니스 서비스 산업 및 상수도 분야에 대한 심층 분석을 제공하고 있다. 중국에서는 자국의 소프트웨어 산업의 아웃소싱 경쟁 전략 및 혁신 수준을 파악하기 위해 미국, 일본, 인도 등의 소프트웨어 선진국에 대한 비교분석 연구를 수행하였다[25]. 특히 이 연구에서는 기술시장 지입시간(Time to Market), 소프트웨어 산업을 위한 국가정책, 소프트웨어 산업에서의 기업가 정신, 언어와 문화를 소프트웨어 산업의 경쟁력과 혁신 수준을 결정하는 주요 요소로 판단하고 있다.

본 연구에서는 새롭게 정의한 엔지니어링 M&S를 기반으로 해당산업분야에 속하는 기업을 도출하고, 기업현황분석을 통해 국내 엔지니어링 M&S산업현황을 분석하는 방법론을 제택하였다.

3. M&S 환경 분석

3.1 국내 제조업 위기

우리나라 제조업은 1970년대 이후 ‘정부 주도, 수출 중심, 대기업 집중’으로 추진되었으며, 국가경제에 미치는 영향이 세계 최고 수준까지 성장하였다. 우리나라 제조업은 Fig. 1과 같이 국가 경제에 차지하는 비중이 세

계에서 가장 높은 수준인 31.1%(2012년 기준)로, 제조강국인 독일보다도 8% 높으며, 주요 경제지표인 산출액 내 제조업 비중, 고용에서 제조업이 차지하는 비중 등에서도 OECD 국가들 중 최상위권에 속한다[26]. 또한, 우리나라 산업구조에서 제조업이 차지하는 비중은 2010년 기준 50.2%로 절반을 차지하며, 국내 전체 부가가치 중 제조업이 차지하는 비중도 30.6% 수준으로 높다. 또한 제조업은 Fig. 2와 같이 국내총생산 기준 업종별 실질성장률에서 서비스업과 더불어 가장 큰 비중(24%, 2014년 기준)을 차지하고 있다.

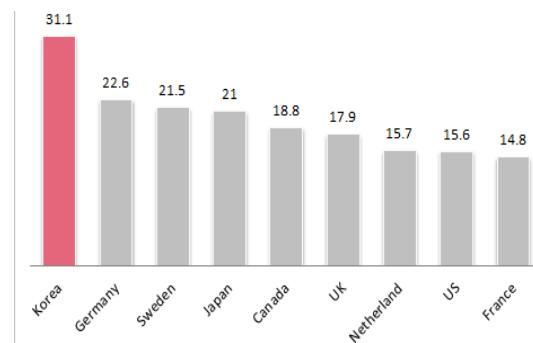


Fig. 1. Manufacturing ratio to GDP by country in 2012

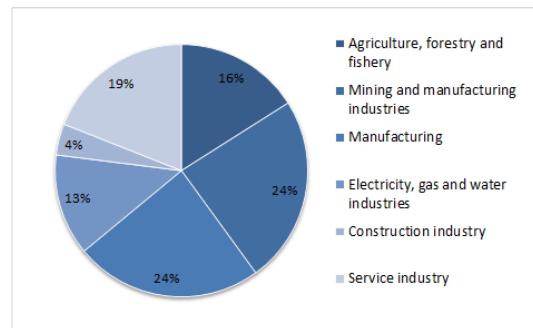


Fig. 2. Domestic proportion of the real growth rate by industry

그러나 2010년대 이후 국내 제조업 성장률은 큰 폭으로 감소하고 있으며, 제조업의 매출액 또한 하락세를 보이고 있다. 금융위기 직후인 2010년 2분기에 17.2%까지 상승했던 제조업의 실질성장률은 2014년 4분기에 2.4%까지 하락하였다. 최근 제조업은 실물 경기의 회복과 함께 타 산업보다 빠른 회복 속도를 보이고 있으나, 2010년 이후 성장률이 지속 하락하고 있으며, 질적으로도 새롭게 세계 시장을 주도하는 분야가 나오지 않고 있다. 또한 국내 제조업 경쟁력 지수는 세계 5위 수준(‘13년 기

준)을 기록하고 있지만, 2010년의 3위에서 2단계 하락하였으며, 5년 뒤인 2018년 국내 제조업 경쟁력 지수는 한 단계 하락한 6위가 예상되고 있다[27].

이와 같은 제조업의 지속적인 부진은 글로벌 경제의 저성장 기조 장기화, 기술 융복합화와 신제품 사용주기의 단축, 소비자 욕구 다양화 등의 추세에 따라 더 이상 대량생산 및 가격경쟁만으로 제조업 경쟁력을 유지하기 어렵게 되었기 때문이다. 따라서 기술 선진국과 신홍국 사이에 끼인 ‘넥스트래커’가 된 지금 한국의 제조업은 새로운 성장을 위한 모멘텀이 절실히 필요한 상황이다.

3.2 제조업 혁신을 위한 국내외 정책동향

미국, 독일, 일본 등의 주요 선진국은 ‘제조업 브레인스’의 가치를 내걸고 국가 제조업 혁신을 위한 다양한 정책을 추진하고 있다. 과거 제조업 관련 정책 개발을 등 한시했던 선진국들은 제조 혁신을 최우선 산업 정책 이슈로 인식하고, 새로운 정책 방향을 모색하고 있다. 현대 경제연구원에 따르면 제조 부문 혁신을 도모하기 위한 R&D, 인력 개발, 기술 및 산업 보호 정책이 한층 강화될 것으로 예상되고 있다[28].

Table 1. The proportion of investment in manufacturing

	2010	2011	Rate of change
Korea	32.5%	5.4%	- 27.1%
US	1.1%	14.1%	+ 13.0%
Japan	0.6%	13.3%	+ 12.7%

이처럼, 주요국들은 제조업 경쟁력 강화를 위한 전략을 적극 추진하고 있어, 이에 따라 국내 제조업이 위축될 가능성이 증대되고 있는 실정이다. 우리나라는 다른 국가들보다 GDP 대비 기업 R&D 비중은 높지만, 제조 부문의 혁신 활동은 낮은 수준에 머물러 있다. 또한 우리나라의 제조업 투자 증가세는 둔화된 반면, 미국과 일본 등 주요국들은 Table 1과 같이 제조업 경쟁력 강화를 위한 제조 혁신 분야의 투자 증가세가 빠르게 회복하고 있다[29].

전 세계적으로 생산설비의 기계화·자동화·집중화를 통해 제조업의 고부가가치화 노력이 성과를 거두며, 최근에는 ICT 기술 및 인프라와의 결합을 통해 제품 생산 과정의 서비스화, 디지털화 등 새로운 방향으로 진화하고 있다[30]. 따라서 주요 선진국은 고부가가치의 신제품 개발 및 혁신적인 공정을 개발하는 등 첨단 ICT 기술

과 제조업의 융합을 위한 「제조혁신 계획」을 수립하여 강력하게 추진하고 있다[3].

국내에서는 2013년 11월에 미래창조과학부에서 ICT와 과학기술을 활용해 기존사업의 고도화, 신산업·서비스를 창출하는 창조비타민 프로젝트 추진계획을 수립하였다. 또한 2013년 12월에 산업통상자원부에서 시스템, 에너지, 장비, 소재부품 산업 등 4대 분야의 13대 산업엔진 프로젝트를 선정하여 산업기술혁신 계획을 확정하였으며, 2014년 7월에는 창조경제 산업엔진 프로젝트 발전계획(안)을 수립하였다. 그리고 2014년 4월에 미래 신성장 산업 7개 분야의 표준 기반 R&D 추진 전략을 수립하였다. 또한 2014년 6월에 산업통상자원부에서는 제조업 혁신 3.0 전략 추진하여, IT·SW 융합으로 신산업을 창출하여 새로운 부가가치를 만들고, 선진국 추격형 전략에서 선도형 전략으로 전환하여 우리 제조업만의 경쟁 우위를 확보해 나갈 계획을 수립하였다. 정부는 국내 기업이 제조업 혁신을 주도할 수 있는 환경을 조성하고, 제조업 경쟁력을 강화하는 정책을 꾸준히 추진하고 있다[31].

3.3 M&S 기반 제조서비스 강화 필요성

제조서비스는 제품의 설계 및 생산과 관련된 서비스를 기업의 제조 프로세스와 결합하거나 통합하는 활동으로 정의되며, 제조기업 내 R&D부서, 설계·시험부서, 마케팅부서 등과 제품디자인, 설계, 시뮬레이션 등을 전문적으로 지원하는 서비스 기업의 협력을 통해 수행된다.

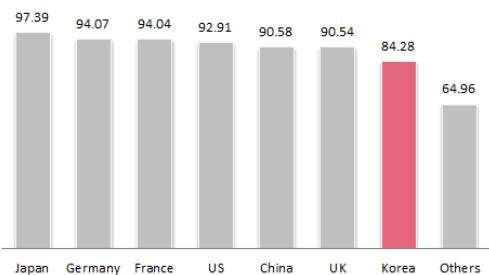


Fig. 3. The proportion of investment in manufacturing service by country

최근 제조업체의 가치사를 구조는 기존의 생산위주에서 기획, R&D 및 마케팅 등 제조서비스의 부가가치 비중이 높아지고 있으며, 중요성이 강조되고 있다. 하지만 국내 제조서비스 산업은 시장 형성이 제대로 이루어 지지 않아 관련 기업의 경쟁력이 뒤쳐져 있는 상황이다.

Fig. 3과 같이 제조업의 경쟁력에 직접적인 영향을 미치는 제조서비스의 투입 비중을 비교한 결과, 우리나라는 자국 제조서비스 투입비중이 84.28%로 주요국과 상당한 격차를 보이는 것으로 나타났다[22]. 즉, 해외 주요국들은 자국의 제조서비스를 적극 활용하고 있지만, 우리나라는 국외 제조서비스의 활용이 상대적으로 높다는 것을 의미한다. 이는 국내 제조서비스의 기술력과 경쟁력이 선진국에 비해 다소 낮기 때문이다.

신제품 개발을 위해 가장 중요한 단계는 제품의 성능을 결정할 뿐 아니라 생산 복잡도에도 영향을 주는 설계 단계이다. 중소기업청에 따르면 우리나라 제조업의 기술개발은 기획 단계부터 사업화까지 평균 18개월이 소요되는 것으로 조사되었으며, 기획 단계는 5.2개월, 개발진행 단계 6.7개월, 사업화 단계 6.1개월이 소요되는 것으로 나타났다. 제조서비스를 활용하면, 기획 및 개발 단계에 소요되는 시간을 단축할 수 있으며, 이를 통해 제품의 시장진입 시간을 획기적으로 단축할 수 있다[32].

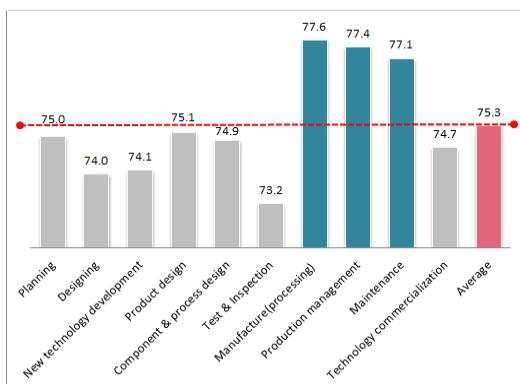


Fig. 4. Technology competence level by technical elements

우리나라 중소기업의 기술요소별 기술역량 수준을 세계최고수준(100) 대비 백분율로 살펴보면, Fig. 4와 같은 디자인(74.0%), 신기술 개발(74.4%), 부품 및 공정 설계(75.3%), 제품설계(75.5%) 등의 기획 및 설계 단계의 수준이 제조기술에 비해 낮다[32]. 제조업에 대한 의존도가 높은 우리 경제의 특성을 고려할 때, 향후 지속적인 경제성장을 위해서는 제조서비스의 역량향상을 통해 제조업의 성장 동력 확충과 경쟁력 강화가 필요하다. 특히 제품, 부품 및 공정 설계기술이 취약한 것으로 나타나, 제품 개발 진행 기간 단축 및 비용 절감을 위해, 설계기술부문의 지원이 필요하다. 따라서 대표적인 설계기술부문 제조서비스인 M&S의 투자와 활용확대를 통해 제조

업의 성장 동력 확충과 경쟁력을 강화할 필요가 있다.

M&S에 기반을 둔 제품설계 기술은 제조기업의 제품개발비용과 시간의 획기적인 절감은 물론 일자리 창출을 통한 국가 경제 부흥에 바탕이 되는 핵심 기술이다[17]. 기계, 자동차 등 주력산업의 부품은 설계단계에서 생산원가의 70~80%가 결정되는데, 시제품 제작 전에 M&S를 통해 설계된 제품의 성능을 검증하므로 생산성의 혁신이 가능해진다. 즉, 기계류, 부품, 기자재 등 자본재산업 분야 중소기업들의 제조공정 최적화를 지원해 불량률 감소, 개발기간 단축 등 생산성 향상에 큰 기여를 할 수 있다.

제품개발 및 설계 기술이 기존의 시행착오 방식에서 데이터 기반의 가상설계·검증 방식으로 전환되면서, M&S 활용여부는 제조기업의 경쟁력을 좌우하는 필수요소로 인식되고 있다. M&S 기반의 가상설계 및 분석을 적용하면 다양한 조건·반응을 사전에 예측·개선할 수 있다. 또한 기존 부품·요소기술 단위로 적용하던 M&S는 제품 생산 전 과정을 연계 관리하는 SLM(Simulation Lifecycle Management)으로 확대되어, 제품개발·생산관리·판매 등에 활용 되고 있다. M&S 관련 산업체 수요는 폭발적으로 증가되고 있으며, M&S를 활용하여 제품 개발시간을 대폭 단축하고 비용을 절감하고 있다.

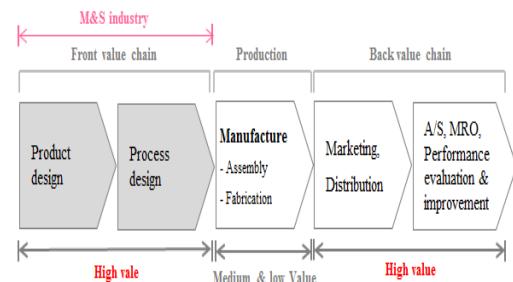


Fig. 5. M&S industry scope by value chain & product-engineering service

4. M&S 산업범위 및 관련 기업 도출

4.1 M&S 산업범위 설정

엔지니어링산업은 적용 분야에 따라 크게 건설·플랜트분야와 제조업분야로 구분되며, 최근 정부의 관심과 노력으로 엔지니어링산업이 건설·플랜트분야 중심에서 제조업분야로도 확장되고 있다[33,34]. 제조 엔지니어링

은 협의적 관점에서 “전문교육을 받은 인력이 CAD, CAM, CAE, PLM 등의 엔지니어링 소프트웨어를 활용해 제조 효율을 높이는 활동”으로 볼 수 있으며, 광의적 관점에서는 “제조업 가치사슬 전 영역에 걸쳐 제품 기능의 효과적 구현과 제품생산의 효율성 제고를 위해 적용되는 엔지니어링 활동”으로 볼 수 있다[22].

제조 엔지니어링을 제품개발 프로세스에서 살펴보면, 크게 설계와 생산단계로 구분할 수 있으며, 설계단계는 제품 양산 이전의 여러 단계인 R&D, 디자인(모델링), 시뮬레이션 및 제조 영역까지를 포함하며, 생산단계는 설계 이후에 발생하는 모든 제품생산과정을 포함한다. 본 연구에서 다루고 있는 엔지니어링 M&S는 Fig. 5와 같이 제조 엔지니어링의 전방가치사슬에 속하며, 그 범위는 제품설계와 공정설계 과정을 모두 포함한다.

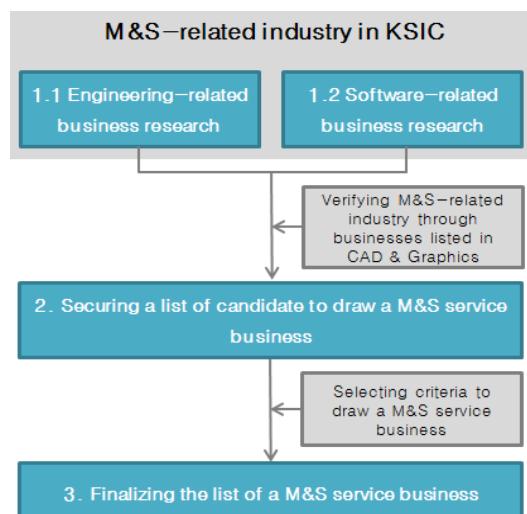


Fig. 6. Framework for drawing a M&S service business

4.2 M&S 산업분류 및 서비스 기업 도출

4.2.1 한국표준산업분류(KSIC)에 따른 산업 조사

M&S 산업에 속해 있는 기업을 도출하기 위해 M&S 산업을 포함하고 있는 제조 엔지니어링 시장을 조사한 결과, 현재까지 제조 엔지니어링에 대해 구체적인 범위의 정립이나 명확한 산업 분류는 없는 실정이다[19]. 이는 엔지니어링 산업이 한국표준산업분류의 「전문, 과학 및 기술 서비스업」에 속해 있으며, 건설·플랜트 업종 또는 이들 업종을 구성하는 하나의 보조적 산업으로 여겨지고 있기 때문이다. 이와 같이 제조 엔지니어링의 정의와 범위가 정립되지 않아, 관련 육성 정책이 전무하며 정

책의 대상도 분명하지 않다. 즉, 현행 산업분류상 별도의 분류가 없으므로 해당 부문에 대한 시장의 규모, 업체 현황 등 기본적인 자료의 확보조차 불가능한 상황이다.

따라서 본 논문에서는 Fig. 6과 같은 M&S 서비스 기업 도출 프레임워크를 통해, 그동안 분류되지 않은 M&S 서비스 기업들을 도출하여 M&S 산업 규모 및 관련 기업 현황을 파악하고자 한다.

(1) 엔지니어링 산업 조사

엔지니어링 산업은 산업 대분류 상 「전문, 과학 및 기술 서비스업[M]」에 속해 있으며, 관련 산업세세분류 중 「건축설계 및 관련 서비스업」, 「도시계획 및 조경 설계 서비스업」, 「건물 및 토목엔지니어링 서비스업」, 「환경컨설팅 및 관련 엔지니어링 서비스업」 등 건축, 토목과 관련된 엔지니어링 산업은 후보군에서 제외하였다. 또한 「물질성분 검사 및 분석업」과 「기타 기술 시험, 검사 및 분석업」의 경우 제조업이 아닌 연구 시험과 관련된 산업으로 후보군에서 제외하였으며, 「제품디자인업」의 경우, 시뮬레이션용 설계나 디자인이 아닌, 심미성을 중심으로 제품의 외관을 디자인 하는 산업이기 때문에 후보군에서 제외하였다. 이와 같이 한국표준산업분류 상의 제조 엔지니어링과 관련된 산업들을 검토하여 M&S 서비스 기업이 포함될 수 있는 산업세세분류로 「기타 엔지니어링 서비스업[72129]」을 선정하였다.

(2) 소프트웨어 산업 조사

M&S 서비스 기업은 모델링이나 시뮬레이션을 할 수 있는 소프트웨어를 제작 및 공급하는 기업들로 구성되어 있어, 소프트웨어 개발 및 소프트웨어 유통과 관련이 있다. M&S 소프트웨어 개발 부분은 「출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업」의 「출판업」에 속하며, 산업세세분류인 「시스템 소프트웨어 개발 및 공급업」과 「응용소프트웨어 개발 및 공급업」에 해당된다. 또한 「컴퓨터 시스템 통합 자문 및 구축 서비스업」의 색인어에는 CAD/CAE 등이 포함되어 있기 때문에 기업리스트 도출을 위한 후보군으로 포함하였다.

소프트웨어 개발뿐만 아니라, 외산 M&S 소프트웨어를 수입하여 국내에 판매하거나 컨설팅하는 기업들도 있기 때문에, 소프트웨어 도매업과 관련된 「컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매업」도 M&S 서비스 기업 리스트 도출을 위한 후보군으로 선정하였다. 소프트웨어 산업 분류에서 「컴퓨터 프로그래밍 서비스업」의 경우 인

터넷 홈페이지 제작, 맞춤형 소프트웨어 개발 등으로 이루어져 있으며, 이는 M&S 서비스 기업과 연관성이 낮기 때문에 후보군에서 제외하였다.

(3) M&S 관련 산업 도출의 타당성 검토

한국표준산업분류 조사를 통해 엔지니어링 관련 산업과 소프트웨어 관련 산업을 확인해본 결과, 「기타 엔지니어링 서비스업」, 「시스템 소프트웨어 개발 및 공급업」, 「응용 소프트웨어 개발 및 공급업」, 「컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매업」, 「컴퓨터시스템 통합 자문 및 구축 서비스업」의 5개 산업 세세분류가 M&S 산업과 관련 있는 것으로 분석되었다.

선정된 5개 산업이 적절한 것인지 파악하기 위해, CAD/CAM/CAE/PDM 등의 M&S 분야 전문 월간지인 CAD & Graphics에 등록된 158개의 소프트웨어 전문 기업들이 각각 어떤 업종에 속하는지 분석하였다. CAD & Graphics에 등록된 기업들은 외산 M&S 솔루션을 국내 기업 대상으로 판매 및 컨설팅하거나, 자체 개발 M&S 제품의 판매 및 컨설팅을 수행하는 기업들로 구성되어 있다. 한국표준산업분류에서 CAD & Graphics에 등록된 소프트웨어 기업들을 분류한 결과, 시스템 소프트웨어 개발 및 공급업(56개)과 응용소프트웨어 개발 및 공급업(33개)의 비중이 가장 높았으며, 그다음으로 컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매업(27개), 컴퓨터시스템 통합 자문 및 구축 서비스업(5개), 기타엔지니어링 서비스업(3개)순으로 나타났다. 따라서 소수의 예외기업을 제외하고 대부분의 기업이 앞서 도출한 5개의 산업 세세분류에 포함됨으로, M&S 관련 산업 도출이 타당하다고 볼 수 있다.

4.2.2 M&S 관련 기업 리스트 확보 및 M&S 서비스

기업 도출

대한상공회의소의 기업정보사이트인 코참비즈(KORCHAM BIZ)를 통해서 기업 정보를 파악하여, 앞서 도출한 한국표준산업분류상의 M&S 관련 5개 산업의 11,822개의 기업 리스트를 확보하였다. M&S 관련 산업에 속해 있는 11,822개의 기업들 중에서 M&S 서비스를 전문으로 하는 기업을 도출하기 위해, M&S 서비스 기업 선정 기준을 마련하여 3개월간 11,822개의 기업 홈페이지에 대한 전수 조사를 실시하였다.

(1) M&S 서비스 기업 선정 절차

11,822개의 기업에 대해 다음의 3단계 기준에 따라 한 가지라도 충족하는 기업을 M&S 서비스 기업으로 선정하였다. 1단계로 Table 2와 같이 대표적인 M&S 소프트웨어를 판매 또는 제공하고, 그 소프트웨어를 활용하여 M&S 서비스를 제공하는지 여부를 파악하였다.

Table 2. The proportion of investment in manufacturing

First selection criterion: Handling typical M&S SW		
ABAQUS	(siemens) NX	Moldflow
Nastran	Solidworks	Moldex3D
LS-DYNA	SIMULIA	EDEM
ANSYS	CATIA	PowerTHERM
COMSOL	Solid Edge	Cast-Designer
SC/Tetra	CimatronE	Coolit CFD
STAR-CD	PHX ModelCenter	TransAT
Hyperworks	(PTC) Creo (Parametric)	TSV Solutions
Deform	EVOVE	ProCAST
PAM	SpaceClaim Engineer	aesthetica
Flotherm	ZW3D	CADdoctor
Alibre Design	SPECTER	Windchill
Rapidform XOR	Tebis	WorkNC
Fieldview	MapleSim	Geomagic Design

2단계에서는 Table 3과 같은 국외 M&S 서비스 전문 기업과 업무 제휴를 하고 있는지 여부를 파악하였고, 마지막 3단계에서는 각 기업 홈페이지의 사업영역, 취급 소프트웨어 등의 부문에서 Table 4와 같은 M&S 관련 키워드를 포함하고 있는지를 조사하였다.

Table 3. International M&S specialized businesses

Second selection criterion: Partnership with international M&S specialized businesses		
Autodesk	SFTC	SolidThinking
PTC	ESI	SpaceClaim
Siemens	DEM Solutions	ZW Soft
Dassault Systems	ThermoAnalytics	ELYSIUM
ANSYS	C3P	3D Systems
CoreTech	TechnoStar	Intelligent Light
Phoenix Integration	COMSOL	Integra Inc
CRADEL	Altair	LSTC
CD-adapco	Tebis AG	MSC

Table 4. M&S related keyword

Third selection criterion: Business field including M&S related keyword		
CAD	CAE	PLM
PDM	Modeling	Simulation

(2) M&S 서비스 기업 선정 결과

3단계의 M&S 서비스 기업 선정 절차에 따라, 11,822개 기업 리스트에서 307개의 M&S 서비스 기업을 선정 하였으며, 이중 「시스템 소프트웨어 개발 및 공급업」에 가장 많은 M&S 서비스 기업들이 분포되어 있는 것으로 분석되었다.

5. M&S 서비스 기업 현황 분석

여기부터 논문을 작성한다. 도출된 307개 M&S 서비스 기업 현황을 파악하기 위해서 NICE신용평가정보의 키스라인(KISLINE)에서 제공하는 기업 정보 자료를 분석하였다. 그 결과, 307개의 조사 대상 기업 중에서 68.7%에 해당하는 211개 M&S 서비스 기업 정보(2012~2013년 매출액과 영업이익, 최근 종업원 수 등)를 파악하였다. M&S 서비스 기업의 현황을 M&S 서비스 기업이 포함된 5개 산업의 현황과 비교·분석하였으며, 세계적인 M&S 기업인 ANSYS, Dassault, MentoGraphics, Autodesk의 현황(매출액 및 영업이익 증가율)과 비교·분석을 수행하였다.

5.1 산업별 매출액 및 영업이익 분석

기업 현황 조사 대상 211개의 M&S 서비스 기업이 포함된 5개 산업의 매출액 증가율(2012~2013년)은 「기타 엔지니어링 서비스업」 0.8% 증가, 「시스템 소프트웨어 개발 및 공급업」 6.4% 증가, 「응용소프트웨어 개발 및 공급업」 5.9% 증가, 「컴퓨터 및 주변장치 소프트웨어 도매업」 4.7% 감소, 「컴퓨터시스템 통합자문 및 구축 서비스업」 3.6% 감소 추세이다. 반면, 211개 M&S 서비스 기업의 매출액 증가율은 Fig. 7과 같이 2012년 1,521,177백만 원에서 2013년 1,655,227백만 원으로 8.8% 증가하였으며, 가장 높은 매출 증가율을 보인 것으로 분석되었다. 이는 M&S 서비스 산업이 타 산업에 비해 규모는 작지만 성장이 진행 중인 산업이라는 것을 의미한다.

해외 M&S 기업의 매출액 증가율(2012~2013년)은 Fig. 8과 같이 ANSYS 7.9% 증가, Dassault 1.9% 증가, MentoGraphics 7.3% 증가, Autodesk 4.42% 증가로 나타났다. 이는 국내 M&S 기업의 성장률이 세계적인 M&S 기업과 비교해도 높은 수준임을 파악할 수 있다. 그러나 Dassault와 Autodesk의 매출액은 국내 211개

M&S 서비스 기업의 매출액 합산보다 많은 것으로 나타나, 국내 M&S 서비스 산업의 활성화와 발전이 필요함을 알 수 있다.

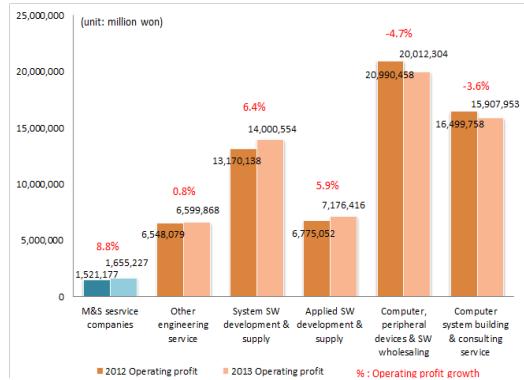


Fig. 7. Comparison between M&S service business and other 5 businesses in sales and its increase rate(2012~2013)

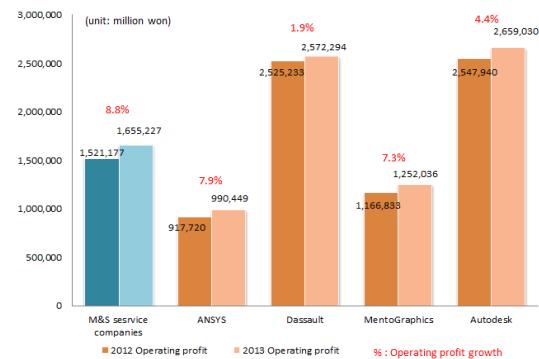


Fig. 8. Comparison between M&S service business and global M&S businesses in sales and its increase rate(2012~2013)

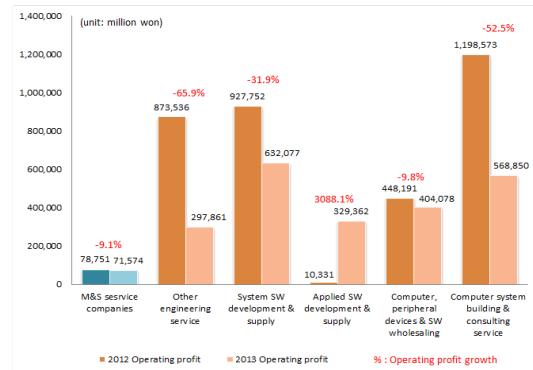


Fig. 9. Comparison between M&S service business and other 5 businesses in operating profits and its increase rate(2012~2013)

영업이익의 경우, 「기타 엔지니어링 서비스업」 65.9% 감소, 「시스템 소프트웨어 개발 및 공급업」 31.9% 감소, 「컴퓨터 및 주변장치 소프트웨어 도매업」 9.8% 감소, 「컴퓨터시스템 통합 자문 및 구축 서비스업」 52.5% 감소하여, 대부분의 소프트웨어 산업에서 영업이익 감소 추세를 보이고 있다. 다만, 「응용소프트웨어 개발 및 공급업」은 영업이익 증가율이 3088.1%로 대폭 증가한 것으로 분석되었다. M&S 서비스 기업의 영업이익은 Fig. 9와 같이 2012년도 78,751백만원에서 2013년 71,574백만원으로 전년도 대비 9.1% 감소했으며, 「응용소프트웨어 개발 및 공급업」을 제외한 다른 4개 소프트웨어 산업에 비해 감소폭이 가장 적다.

해외 M&S 기업의 영업이익 증가율(2012~2013년)은 Fig. 10과 같이 ANSYS 9.4% 증가, Dassault 0.4% 증가, MentoGraphics 44.1% 증가, Autodesk 14.2% 감소로 나타났다. 이는 국내 M&S 기업의 영업 효율성이 세계적인 M&S 기업과 비교해 다소 낮은 것을 의미한다.

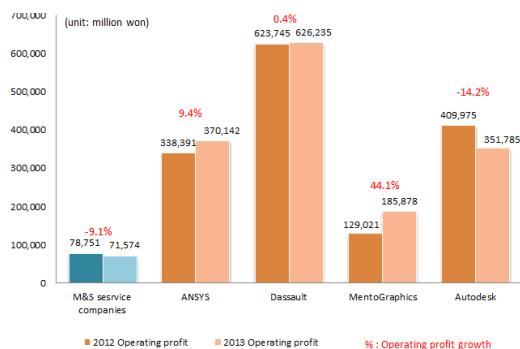


Fig. 10. Comparison between M&S service business and global M&S businesses in operating profits and its increase rate(2012~2013)

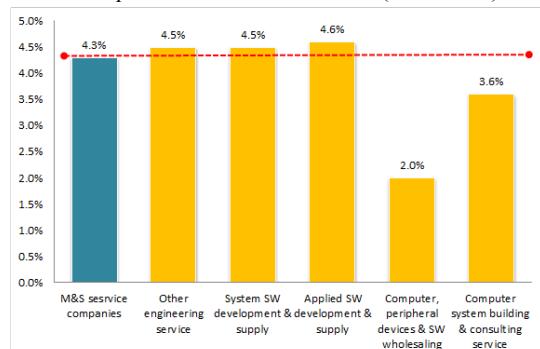


Fig. 11. Comparison between M&S service business and other 5 businesses in operating profit rate of sales(2013)

M&S 서비스 기업의 매출액 대비 영업이익률은 4.3%로, Fig. 11과 같이 「응용소프트웨어 개발 및 공급업」(4.6%), 「시스템 소프트웨어 개발 및 공급업」(4.5%), 「기타 엔지니어링 서비스업」(4.5%)과 비슷한 수준으로 나타났다. 반면, 「컴퓨터 시스템 통합 자문 및 구축 서비스업」(3.6%), 「컴퓨터 및 주변장치 소프트웨어 도매업」(2.0%)로 M&S 서비스 기업의 매출액 대비 영업이익률보다 낮게 나타났다.

해외 M&S 기업의 매출액 대비 영업이익률은 Fig. 12와 같이 ANSYS 37.4%, Dassault 24.5%, MentoGraphics 14.9%, Autodesk 13.2%로 나타났다. 이는 국내 M&S 기업이 아직까지 연구개발비에 투자를 많이 하고 있고, 국내 시장이 미성숙한 요인에서 비롯된 것으로 판단된다.

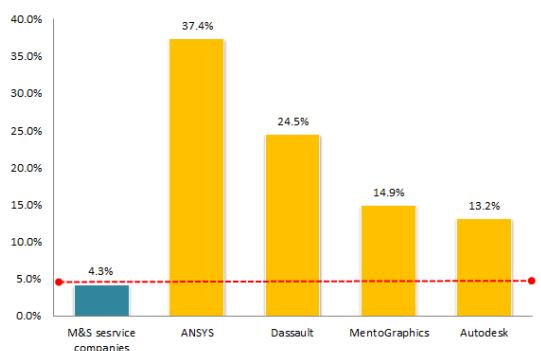


Fig. 12. Comparison between M&S service business and global M&S businesses in operating profit rate of sales(2013)

5.2 기업/종업원 매출액 및 영업이익 분석

각 기업 당 매출액은 Fig. 13과 같이 「컴퓨터 시스템 통합 자문 및 구축 서비스업」이 11,171백만 원으로 가장 높았으며, M&S 서비스 기업은 7,807백만 원으로 두 번째로 높게 나타났다. 이는 타 산업(「기타 엔지니어링 서비스업」, 「시스템 소프트웨어 개발 및 공급업」, 「응용소프트웨어 개발 및 공급업」, 「컴퓨터 및 주변장치 소프트웨어 도매업」)에 비해 2배 이상 높은 것이다. 기업당 영업이익은 Fig. 14와 같이 「컴퓨터 시스템 통합 자문 및 구축 서비스업」이 399.5백만원으로 가장 높고, M&S 서비스 기업은 337.6백만원으로 두 번째로 높게 나타났으며, 이 역시 타 산업에 비해 2배 이상 높은 것으로 나타났다.

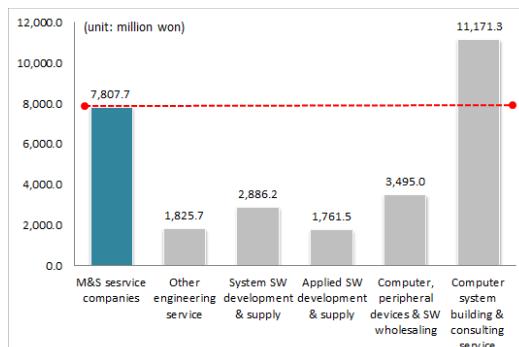


Fig. 13. Comparison of sales per a business in each business(2013)

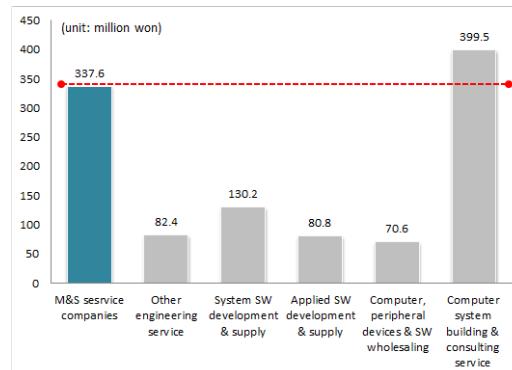


Fig. 14. Comparison of operating profits per a business in each business(2013)

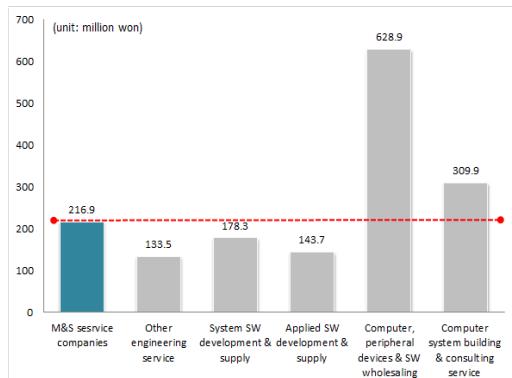


Fig. 15. Comparison of sales per an employee in each business(2013)

또한 종업원 1인당 매출액은 Fig. 15와 같이 「컴퓨터 및 주변장치 소프트웨어 도매업」이 628.9백만원으로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 「컴퓨터 시스템 통합 자문 및 구축 서비스업」이 309.9백만원, M&S 서비스 기업이 216.9백만원 순으로 높게 나타났다. 종업원 1

인당 영업이익은 Fig. 16과 같이 「컴퓨터 및 주변장치 소프트웨어 도매업」이 12.7백만원으로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 「컴퓨터 시스템 통합 자문 및 구축 서비스업」이 11.1백만원, M&S 서비스 기업이 9.4백만원 순으로 높게 나타났다.

M&S 서비스 기업은 매출액 및 영업이익 증가율이나 기업당/종업원당 매출액 및 영업이익이 5개 산업분의 기업들과 비교했을 때 안정적으로 고르게 높게 나타났다. 각 산업에서 차지하는 매출액 비중 및 산업 성장성/수익성을 비교했을 때, M&S 서비스 산업이 규모는 작지만 산업 경쟁력을 갖춘 기업들로 구성되었다고 분석할 수 있다.

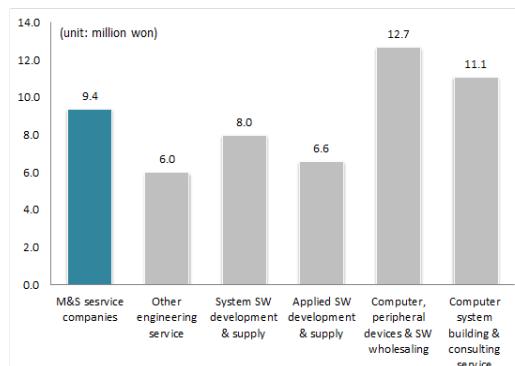


Fig. 16. Comparison of sales per an employee in each business(2013)

6. 결론

우리나라가 직면하고 있는 제조업의 위기를 극복하고 제조경쟁력을 강화하기 위해서는 첨단 기술을 활용한 제조혁신이 필수적이다. M&S 기술은 제품 제작에 소요되는 시간과 비용을 획기적으로 절감할 수 있는 핵심기술이다. 그러나 아직까지 우리나라에서는 M&S 기업의 정의 및 분류조차 이루어지지 않고 있는 실정이다.

본 논문에서는 한국표준산업분류를 분석하여 M&S 서비스 기업들이 포함되는 「기타 엔지니어링 서비스업」, 「시스템 소프트웨어 개발 및 공급업」, 「응용 소프트웨어 개발 및 공급업」, 「컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매업」, 「컴퓨터시스템 통합 자문 및 구축 서비스업」의 5개 산업 세세분류를 도출하였다. 또한 도출한 한국표준산업분류상의 M&S 관련 5개 산업의 11,822

개의 기업 리스트를 확보하였다. 이중 3단계의 M&S 서비스 기업 선정 절차에 따라 307개의 M&S 서비스 기업을 선정하였다.

또한 307개의 M&S 서비스 기업을 대상으로 NICE 신용평가정보의 키스라인(KISLINE)에서 제공하는 211개 기업의 정보 자료를 분석하여 M&S 기업의 현황을 파악하였다. 그 결과, M&S 서비스 기업 수는 5개 산업 분류의 전체 기업수인 19,653개 중에서 211개로 1.1%의 매우 적은 비중을 차지하고 있지만, 종업원 수, 매출액 및 영업이익의 비중은 각각 2.9%, 2.6%, 3.2%로 각 산업에서 차지하는 기업 비중에 비해 높은 것으로 분석되었다. M&S 서비스 기업은 5개 산업과 비교했을 때 고용 유발, 매출액 및 영업이익 측면에서, 기업(산업) 규모에 비해 경쟁력 있는 산업이라고 볼 수 있다.

제조업에 대한 의존도가 높은 우리 경제의 특성을 고려할 때, 향후 지속적인 경제성장을 위해서는 국내 M&S 서비스의 역량 향상을 통한 제조업의 경쟁력 강화가 시급한 실정이다. 이를 위해서는 M&S 서비스 산업을 한국표준분류에 포함시키는 노력과 더불어, 해당 기업들에 대한 심층적인 분석을 통해 국가 차원의 지원 및 발전 정책을 수립해야 한다. 고급 두뇌산업인 M&S 산업의 생태계 조성과 발전을 통해 국내 제조기업의 신제품 개발 시간 및 비용을 획기적으로 절감할 수 있으며, 더 나아가 국가 제조경쟁력을 강화할 수 있다. 향후에는 M&S 기업들의 재무지표에 대한 회귀분석, 교차분석 등 통계학적 측면에서의 상호 비교를 수행하여 국내 M&S 기업의 현황을 보다 심층적으로 분석할 예정이다.

References

- [1] S. Y. Kim and E. C. Lee, First Mover Strategy of Manufacturing in Korea, pp. 1-11, POSRI Report, 2015.
- [2] Dong Woo Seo, Jaesung Kim, Ho Yoon Kim, Eun Jin Kim and Sung-Uk Park. "An Analysis on the Economic Ripple Effect of Super Computer-based Modeling & Simulation 4.0 Project," Proc.s of the Autumn Academic Conference 2014, Korea Technology Innovation Society(KOTIS), pp. 613-619, 2014.
- [3] Yong-Yul, Kim, "Manufacturing Innovation and HPC(High Performance Computing) Utilization", Journal of Korea Technology Innovation Society, vol. 19, no. 2, pp. 231-253, 2016.
- [4] TechNavio, CAE Market in EMEA Region 2014-2018, pp. 1-134, TechNavio, 2013.3.
- [5] Kwangwon Suh, "Importance of Domestic CAE Software", Engineering Education, vol. 22, no. 4, pp. 18-24, 2015.
- [6] CAD&Graphics, CAD/CAM/CAE/PDM Market in South Korea 2014, pp. 91-95, CAD&Graphics, 2015.
- [7] Tuncer I. Ören, "The importance of a comprehensive and integrative view of modeling and simulation", Proc.s of the 2007 Summer Computer Simulation Conference, 2007.
- [8] Andreas Tolk, "Engineering Management challenges for applying simulation as a green technology", Proc. of 2010 International Annual Conference of the American Society for Engineering Management Conference, 2010.
- [9] DoD Instruction 5000.61, Modeling and Simulation(M&S) Verification, Validation, and Accreditation(VV&A), Department of Defense, 2009.
- [10] Sang Young Choi, Introduction to Defense, Modeling and Simulation, pp. 3-6, Book Korea, 2010.
- [11] National Science Foundation(NSF), Simulation - Based Engineering Science: Revolutionizing Engineering Science Through Simulation, National Science Foundation Blue Ribbon Panel on Simulation-Based Engineering Science Report, 2006.
- [12] Bernard P. Zeigler, Herbert Praehofer, and Tag Gon Kim, Theory of Modeling and Simulation: Integrating Discrete Event and Continuous Complex Dynamic Systems, Academic Press, 2010.
- [13] SY Diallo, RJ Gore, JJ Padilla, CJ Lynch, An Overview of Modeling and Simulation Using Content Analysis, Scientometrics, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1578-6>
- [14] Sokolowski, John, and Catherine Banks(Editors), Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach. Wiley, 2008.
- [15] Myungil Kim, Sung-Uk Park, and Jaesung Kim, "An Economic Ripple Analysis of Domestic Supercomputing Modeling and Simulation", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, vol. 17, no. 11, pp. 340-347, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.11.340>
- [16] KISTI, Supercomputing Based Modeling and Simulation 4.0 for Smart Manufacturing Innovation, Korea Institute of Science and Technology Information(KISTI), 2014.
- [17] Yeon Sik Ahn and Song Chul Moon, "An Suggestion of the Software Industry Structure Improvement in Korea : Focusing on the IT Service and Solution Provider Firms", Journal of Information Technology Application, vol. 21, no. 1, 2014.
- [18] Kook Chul Lee, "Study on Securing the International Competitiveness of Domestic Software Industry: Focusing on the comparison between Korea and US", Journal of Information and Society Study, 1994.
- [19] Joo Sung Kim and Mi Jin Noh, "An Analysis on the Present State of the Market and the Competitiveness of Korean Next-Generation PC Industry", Electronics and Telecommunications Trends, vol. 23, no. 5, pp. 143-152, 2008.
- [20] Ki-Jin Jang and Hyuk-Jun Choi, "A Study on the Innovation Capability Strengthening Plan for

- Manufacture-based Knowledge Service Industries”, The e-Business Studies, vol. 15, no. 4, pp. 215-235, 2014.
- [21] Sang-Hyun Lee, Sang Hoon Kim and Dong Hee Lee, A Study on Utilization and Development Strategy of Domestic Manufacture-Engineering, Korea Institute for Industrial Economics and Trade(KIET), 2016.
- [22] Sang-Hyun Lee and Soon Hak Lee, Ideas for Generating High Value Added in the Engineering Industry, Korea Institute for Industrial Economics and Trade(KIET), 2014.
- [23] Clayton Barrows and Edward T. Vieira, “Recommendation for the Development of a New Operational Classification System for the Food Service Industry”, Journal of Hospitality & Tourism Research, vol. 37, no. 3, pp. 349-376, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1177/1096348012436375>
- [24] Keith Brook, David Matthews and Jon Darke, “Changes to the Picture of the UK economy - Impact of the New SIC 2007 Industry Classification”, Economic & Labour Market Review, pp. 41-61, 2011.
- [25] Yuhong Li, “Software Industry Competitive Strategy and Innovation”, Proc. of 2011 International Conference of Information Technology, pp. 203-306, 2014.
- [26] Sang Yoon Kim and Eun Chang Lee, The First-Mover Strategy for Korean Manufacturing Industry, POSCO Research Institute, 2015.
- [27] Deloitte, 2013 Global Manufacturing Competitiveness Index, Deloitte, 2013.
- [28] Hyundai Research Institute, The Evaluation and Implication of Manufacturing Innovation Policies, Hyundai Research Institute, 2014.
- [29] Hyundai Research Institute, US's and Japan's Strategy for strengthening Manufacturing Competency and its implication, Hyundai Research Institute, 2013.
- [30] Eun Hee Jee, An Analysis on Software Industry's Condition, Ministry of Science, ICT and Future Planning, 2014.
- [31] Pyoung Yol Jang, Young Hwan Moon and Seok Won Hwang, Manufacturing-based Service R&D Strategy: Manufacturing Servitization Service R&D, Science and Technology Policy Institute(STEPI), 2014.
- [32] SMBA, A Survey Report of Descriptive Statistics of Small and Medium Businesses, Small and Medium Business Administration (SMBA), 2014.
- [33] Ministry of Trade, Industry and Energy, Establishing M&S Industry Ecosystem for Manufacturing Business's Smart Innovation, Ministry of Trade, Industry and Energy, 2015.
- [34] Economic Ministerial Meeting, Ideas for Strengthening Engineering Industry's Competitiveness for High-value Job Creation, Economic Ministerial Meeting, 2016.

김 명 일(Myungil Kim)

[정회원]



- 2000년 2월 : 중앙대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 중앙대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원

<관심분야>

Modeling & Simulation, 슈퍼컴퓨팅, 과학기술연구방

정 재 연(Jae Yun Jeong)

[정회원]



- 2014년 9월 : 제네바국제개발대학원(IHEID) 개발학과 (석사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책 박사과정, 한국과학기술정보연구원 학생연구원

<관심분야>

Modeling & Simulation, 슈퍼컴퓨팅, 제조혁신

한 유 리(Yuri Han)

[정회원]



- 2016년 2월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책 전공 석사과정
- 2016년 2월 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 학생연구원

<관심분야>

Modeling & Simulation, 슈퍼컴퓨팅, 제조혁신

박 성 육(Sung-Uk Park)

[정회원]



- 2007년 2월 : 전남대학교 일반대학원 경제학과 (경제학박사)
- 2007년 8월 : 영국 Sussex Univ. SPRU 과학기술정책과정 수료
- 2009년 2월 : 일본 정보통신연구기구(NICT) 객원연구원
- 2012년 5월 ~ 2014년 5월 : 한국 과총 정책연구소 전문위원
- 2005년 6월 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원

<관심분야>

과학기술정책, 기술경제, 기술가치평가

김 재 성(Jaesung Kim)

[정회원]



- 1999년 2월 : 포항공과대학교 산업 공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 포항공과대학교 산업 공학과 (공학박사)
- 2003년 3월 ~ 2013년 2월 : 한국 과학기술정보연구원 선임연구원
- 2013년 3월 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 책임연구원

<관심분야>

Modeling & Simulation, 제품설계, 슈퍼컴퓨팅, 제조혁신