

소프트웨어는 어떻게 세상을 혁신하는가?

How Does Software Transform the World?



- 조원영 소프트웨어정책연구소 SW기반정책·인재연구실 책임연구원 | wycho@spri.kr
- 이은경 소프트웨어정책연구소 SW기반정책·인재연구실 선임연구원 | dr.eklee@spri.kr
- 이동현 소프트웨어정책연구소 SW기반정책·인재연구실 선임연구원 | dhlee1016@spri.kr
- 김항규 소프트웨어정책연구소 SW기반정책·인재연구실 선임연구원 | hkkim@spri.kr

Executive Summary

소프트웨어(SW)가 점차 중요해지고 있다. SW 산업이 국가 경제에서 차지하는 부가가치 및 고용 비중은 지속적으로 증가하고 제조업 대비 생산성이 높으며 수출도 빠르게 증가하고 있다. 그뿐만 아니라 전통 제조 및 서비스업 등 전 산업에서 SW 투자도 증가하고 있다. 특히 금융, 의료, 자동차, 기계, 인프라 산업에 속한 기업은 활발한 SW 투자를 통해 제품과 서비스의 가치를 개선하고 노동생산성을 높이고 있다.

하버드대학교 마이클 포터(Michael Porter) 교수가 제시한 국가경쟁력 결정 모델인 '다이아몬드 모델(Diamond Model)'을 활용하면 국가경쟁력 강화를 위한 SW의 역할을 다섯 요인(SCALE)으로 설명할 수 있다. 첫째, SW를 이용하여 국가 혁신의 신속성(Speed)을 높일 수 있다. 둘째, 오픈소스 등 SW를 중심으로 다양한 이해관계자가 모여 협력적(Cooperation) 국가 혁신 생태계를 조성할 수 있다. 셋째, SW는 무형의 재화로서 서비스 형태로 실시간 전달되기 때문에 시장 환경변화에 유연하게 적응(Adaptation)할 수 있다. 넷째, SW는 데이터를 학습하면서 지속적으로(Longevity) 혁신 경쟁을 촉발한다. 다섯째, SW는 플랫폼화하여 다양한 연관 산업의 신제품 및 서비스로 확장(Expansion)된다.

SW 투자를 통해 국가 및 기업은 세 가지 차원의 이익을 얻을 수 있다. 첫째, 제품 및 서비스의 구조를 고도화할 수 있다. 최근 SW 중심 자동차(Software Defined Vehicle, SDV)의 사례에서 볼 수 있듯이 기존에 독립적으로 설계된 하위 시스템을 SW 플랫폼을 중심으로 통합함으로써 차량의 전체 기능을 통합·최적화하고, 자율주행, 인포테인먼트(Infotainment) 등 지능화된 기능을 손쉽게 탑재할 수 있게 되었다. 둘째, 조직 구조 및 운영 방식을 효율화할 수 있다. 독립적인 사업부와 이를 구성하는 전문부서로 이뤄진 사일로(Silo)화된 전통 조직 구조가 전사 공통의 SW 플랫폼을 기반으로 신설 및 폐지가 자유롭고 내외부 조직과의 협력이 원활한 조직으로 바뀌고 있다. 셋째, SW는 새로운 수익 창출을 가능케 한다. 그동안 제품과 서비스 판매에 따른 일회적인 현금 창출이 보편적이었다면 SW를 활용해 버저닝(Versioning), 번들링(Bundling), 구독료 등 가격 책정의 유연성이 높아졌다.

SW가 지닌 혁신 특성을 극대화하기 위한 정책 제언은 다음과 같다. 우선 우리 중소기업이 점차 빠르게 변하는 시장 환경과 혁신 속도에 따라갈 수 있도록 지원하는 SW 역량 강화 정책 개선이 필요하다. 또한 오픈소스 활용 등 협력적 혁신 문화 조성에도 더욱 노력할 필요가 있으며 SW를 통한 업계 간 융합을 위한 연구개발(SDX), SW 융합인재양성, 제도 정립 등이 필요하다.

I SW 중심으로 전환되는 국가 경제 시스템

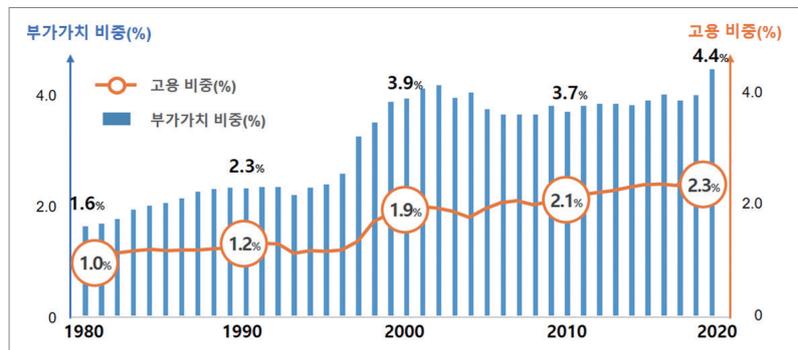
1. 국가 경제에서 SW 산업의 중요성

● SW 등 ICT 서비스 산업*의 부가가치 및 고용 비중은 지속 증가¹

* 국제표준산업분류(SIC)에 따르면 ICT 산업은 ICT 제조, ICT 유통, ICT 서비스업으로 구분되며, ICT 서비스업은 SW 출판(5820), 컴퓨터 프로그래밍(D62), 데이터 처리(D631), 웹 호스팅 및 포털(D631) 등의 SW업과 통신업(D61), 컴퓨터 통신장비 수리업(D951) 등으로 구성

- 부가가치 비중은 1980년 1.6%에서 2020년 4.4%로 2.8%p 증가
- 고용 비중은 1980년 1.0%에서 2020년 2.3%로 1.3%p 증가

■ 그림 1 - SW 등 ICT 서비스 산업의 부가가치 및 고용 비중



● 또한 SW 등 ICT 서비스 산업은 제조업보다 생산성이 높고 수출도 빠르게 증가하면서 국가 경제에서 중요한 역할 수행

- 생산성은 제조업보다 30% 높으며 서비스업 중 금융업에 이어 생산성 2위

* 서비스 부문 생산성(제조업 100): 금융 149, ICT 서비스 140, 운송 71, 전문서비스 64, 상거래 60, 외식·숙박 30 (OECD, 2018)

- 서비스 수출에서 차지하는 비중은 2020년 5.7%에서 2020년 14.1%로 20년간 2.5배 증가

¹ OECD(2023), STAN Structural Indicator를 분석

2. 타 산업의 SW 투자 및 활용

● 전통 제조 및 서비스업 등 전 산업에서 SW 투자가 증가

- 전 산업에서 차지하는 SW 투자 비중은 2000년 1.1%에서 2017년 1.6%로 증가
 - ICT 투자에서 SW 투자가 차지하는 비중은 39%에서 63%로 증가

- 특히, 금융, 의료, 자동차, 기계, 인프라 등 타 산업 분야 기업의 SW 투자 활발
 - 주요 완성차업체는 SW 중심 자동차(Software Defined Vehicle, SDV) 출시에 박차를 가하기 위해 SW 인력 확보, SW 전문기업 인수 등에 집중

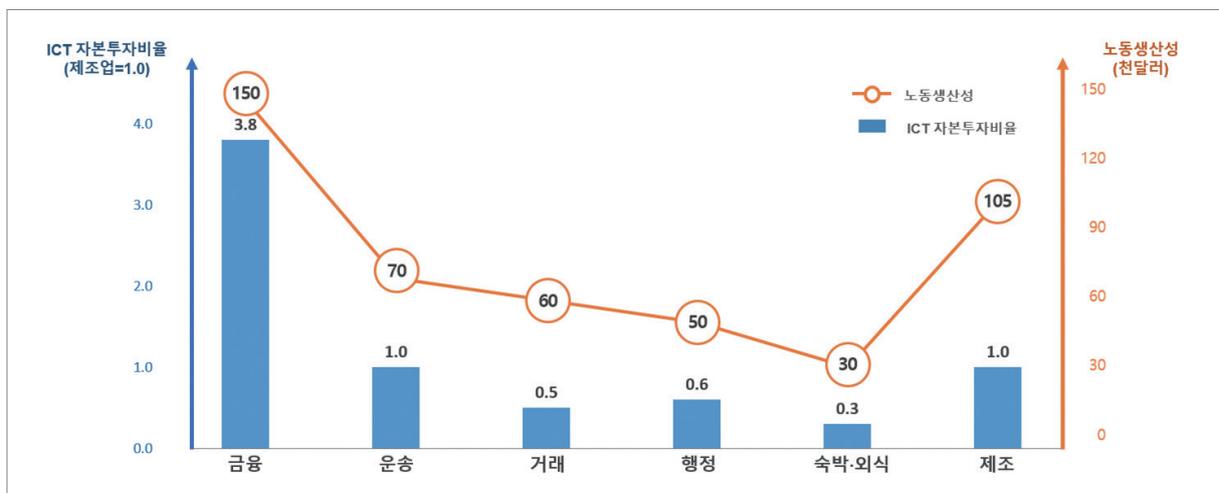
 Volkswagen	<ul style="list-style-type: none"> ▶ SW 자회사 CARIAD 설립 ▶ '25년까지 SW 개발자 1만 명 확보, 320억 달러 투자하여 SW의 60% 내재화 목표
 HYUNDAI	<ul style="list-style-type: none"> ▶ SDV 등 신기술 개발을 위해 '25년까지 63조 원 투자 ▶ SW 역량 개발을 위해 포티투닷(42dot) 인수, 글로벌SW센터 설립 추진

* 주요 산업별 SW·ICT 기업 인수 건수(2015~2019): 금융 647건, 산업용 기계 461건, 인프라 199건, 자동차 199건, 의료 188건 등(GMAP Tech, 2020)

● SW 등 ICT 투자 규모가 큰 산업일수록 노동생산성도 높음²

- 금융, 제조, 운송, 상거래, 행정, 외식·숙박 등 6개 산업별 ICT 투자 규모와 노동생산성의 상관계수는 0.91

■ 그림 2 - 산업별 ICT 자본투자비율과 노동생산성



2 World Bank(2021), At Your Service? The Promise of Services-Led Development

II 국가경쟁력 강화를 위한 SW의 역할: 스케일(SCALE)

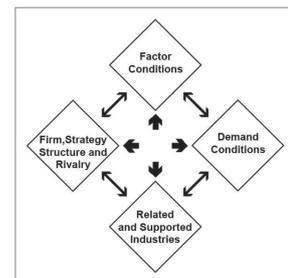
● ‘다이아몬드 모델’의 국가경쟁력 결정 요인별 SW의 역할은 다음과 같음

- (전략 및 구조) 국가 및 기업조직은 SW를 이용하여 프로세스 자동화 및 조직 효율을 추구함으로써 혁신을 가속화할 뿐만 아니라 기술 사업화 기간도 단축
⇒ SW를 이용하여 **국가 혁신의 신속성(Speed)**을 높일 수 있음
- (자원 여건) 오픈소스 플랫폼 등 SW를 중심으로 다양한 이해관계자가 모여 협력·상생을 통해 사업 및 경제활동의 공통 자산·기반 형성
⇒ SW를 중심으로 **협력적(Cooperation) 국가 혁신 생태계** 조성
- (수요 여건) 빠른 시장변화에 맞춰 SW는 클라우드 기반의 온디맨드(On-Demand) 방식으로 실시간 업데이트가 가능하여 복잡한 환경변화에 유연하게 대응
⇒ SW는 서비스 형태로 실시간 전달하여 **시장변화에 유연하게 적응(Adaptation)**
- (경쟁) SW는 사용할수록 데이터가 축적되고 이를 학습하여 지속적으로 기능을 개선하므로 경쟁우위 확보를 위한 경쟁이 장기간에 걸쳐 치열하게 전개
⇒ SW는 데이터를 지속 학습하면서 **지속적(Longevity) 혁신 경쟁** 촉발
- (연관 산업) 한번 개발된 SW는 플랫폼화하여 API를 통해 타 산업의 제품과 서비스에 적용함으로써 산업 간 시너지 창출에 도움
⇒ SW 혁신은 다양한 연관 산업의 **신제품 및 서비스로 확장(Expansion)**

마이클 포터의 다이아몬드 모델

■ 하버드대학교 마이클 포터 교수는 국가경쟁력을 다음과 같은 구성요소로 설명

- (전략 및 구조) 국가와 기업이 보유한 전략 및 조직 구조의 효율성 및 우수성
- (자원 여건) 숙련된 인적자원, 과학 기반, 인프라, 제도, 천연자원 등 국가 생산요소의 양과 질
- (수요 여건) 소비자가 요구하는 품질 수준, 시장 환경의 변화 수준
- (경쟁) 지속적인 혁신과 생산성, 효율성 개선을 유도하는 경쟁의 정도
- (연관 산업) 원재료 공급, 유통, 보완재 판매 등 산업 간 협력의 다양성과 강도



1. 신속한 혁신(Speed)

- SW는 제조설비, 유통망 등의 물리적인 제약이 없어 타 기술과 비교가 안 될 정도로 ‘혁신 → 사업화 → 보급 확산’의 속도가 빠름
- 검색엔진, 블록체인, 생성AI 등 SW 분야에서 10년 이내에 논문 및 특허가 사업화로 연결되는 사례가 다수 존재([표 1])
 - 생성AI 핵심기술 ‘트랜스포머(Transformer)’는 2017년 논문으로 발표되어 5년 만에 ChatGPT 서비스로 사업화되었고 두 달 만에 사용자 수 2억 명 돌파

■ 표 1 - 신기술의 사업화 및 확산 속도³

기술	발표	확산	확산 속도	근거	
형광 조명	1859년	1993년	74년	• 특허 → 상용 형광등 출시	
프레온 냉매	1931년	1969년	38년	• 특허 → 전기냉장고 가정 내 보급	
제트 엔진	1791년	1961년	170년	• 특허 → 대형 민간 항공기에 적용	
SW	검색엔진	1996년	1998년	2년	• 논문 → 구글 검색엔진 출시
	블록체인	2008년	2016년	8년	• 논문 → 금융서비스 내 블록체인 적용률 10% 돌파
	생성AI	2017년	2022년	5년	• 논문 → ChatGPT 이용자 2억 명 돌파

- SW는 연구개발 후 빠르게 상용화로 연결되어 사회경제적 가치를 창출
 - 코로나19 위기는 SW 기반 신약 개발 플랫폼, 모바일 앱 기반 잔여 백신 및 마스크 지도, 확진자 관리 앱, 원격 업무 SW의 신속한 확산으로 극복
 - 창업 10년 이내에 기업 가치 10억 달러 이상으로 성장한 비상장 기업을 지칭하는 유니콘 기업은 SW 중심 사회가 본격화한 2010년대 폭증
 - * 연평균 신규 유니콘 기업 수: ('80)0.3개 → ('90)2.8개 → ('00)27개 → ('10)114개(Statista, 2024)

● 특히 최근 들어 다양한 SW 혁신 도구가 여러 산업에 적용되어 사람이 하던 정형화된 반복 업무를 빠르고 정확하게 자동화하는 데 기여

- (RPA) 로봇 프로세스 자동화(Robotic Process Automation)는 사람이 PC나 모바일 화면에서 수행하던 작업 흐름을 모방해 정해진 규칙에 따라 반복되는 프로세스를 자동화해 주면서 사람의 실수를 줄여주고 단순 반복적인 업무를 자동화해 생산성 제고에 기여

3 James Bessen(2015), 위키피디아 등을 참조하여 연구진 작성

- (신한은행) 여신업무에 수반되는 고객 상담, 서류 작성 등에 알파봇(RPA bot)을 적용하는 등 약 70개의 업무를 자동화해 사람의 실수 예방
- (서울아산병원) 하루 700여 명의 입·퇴원 환자의 병상 예약 및 배정에 필요한 정보*를 처리하는 RPA를 도입, 건당 처리시간을 20분에서 3분으로 축소
 - * 환자 나이, 성별, 진료과, 질환명, 중증도, 수술, 검사, 예약순서, 의료진 동선 등 50여 개의 정보를 고려하여 병상 배정
- (DevOps·MLOps) SW·AI 개발과 운영을 유기적으로 통합하여 개발에서 배포 및 적용까지 기간을 단축하고 SW의 활용 가치를 개선
 - (GE 헬스케어) DevOps 도구를 채택하여 SW 개발, 보안, 운영, 품질보증 등의 분절적 업무 흐름을 통합 및 간소화하고 자사 의료기기에 탑재된 SW 업데이트 주기를 수개월에서 2~3주로 단축하는 등 품질 개선
 - (카카오페이) AWS MLOps를 도입하여 신용 평가, 이상 거래 탐지, 사용자 프로파일링 등에 개발 기간을 14주에서 7주로 단축하고 운영, 유지보수 비용도 30% 절감

2. 협력적 혁신 생태계 조성(Cooperation)

- **SW는 디지털 재화로서 물리적 고갈이 없기 때문에 혁신 과정에 다양한 주체가 참여하여 협력하고 그 결과를 공유하는 것이 용이**
- SW의 공공재적 특성을 살리기 위해 개발자들이 소스코드를 함께 개발하고 공유하는 오픈소스 운동은 컴퓨터 역사 초기부터 보편적 문화로 형성
- **최근 들어 전 세계 최대 규모의 오픈소스 프로젝트 플랫폼인 깃허브(GitHub)에는 IT 기업뿐만 아니라 타 산업 기업의 참여도 활발**
- 교육, 금융, 헬스케어, 전문서비스 등 고부가 서비스 산업 및 자동차 등 제조업에서 오픈소스 도입 활발 (2024 State of Open Source Report)

■ 표 2 - 타 산업의 주요 깃허브 기여 기업

산업	기업	기여 순위	주요 참여자 수	운영 커뮤니티 수
금융	Bloomberg	82위	65명	145개
	Ant Group	85위	61명	203개
헬스케어	Philips	185위	20명	59개
	Optum	236위	9명	29개
자동차	Porsche	240위	9명	12개
미디어	Netflix	91위	59명	179개
	The Guardian	125위	38명	62개
에너지	Equinor	69위	82명	173개
	RTE	83위	65명	82개

출처: Open Source Contributor Index(2024)

오픈소스의 역사

- 1950~1960년대 메인프레임 시대에 OS 등 SW는 무료로 공개되어 사용자에게 의해 개선되고 다시 공유되는 문화가 보편적으로 형성
 - IBM Scientific Machine, System 360 등 메인프레임용 OS는 사용자 그룹(Share User Group)이 주도하여 필요한 기능을 함께 개선
- 1980년대 마이크로소프트(Microsoft)의 SW 시장 독점에 반발하여 자유 소프트웨어 재단(Free Software Foundation) 설립(1985년)
 - 소스코드를 공개하고 누구나 이를 수정하고 배포하는 자유를 보장하는 목적으로 관련 프로젝트 운영, 라이선스 개발 등의 활동 전개
- 1990년대 리누스 토발즈(Linus Benedict Torvalds)가 오픈소스 OS인 리눅스(Linux)를 공개한 후, 오픈소스 이니셔티브(1998년), 리눅스 재단(2000년) 등이 설립되어 오픈소스 운동 주도
- 오늘날 마이크로소프트가 세계 최대 오픈소스 플랫폼인 깃허브를 운영하고, 모바일(구글 안드로이드) 생성AI(메타 LLaMA) 등 다양한 영역에서 오픈소스가 보편적으로 사용

● 특히, 금융, 헬스케어 등 오픈소스 사용을 제한했던 보수적인 전통사업에서 오픈소스를 이용해 혁신을 촉진하고 협력을 강화하는 추세

- (금융) 글로벌 주요 금융사는 기술 공동 개발 및 활용을 위한 오픈소스 재단 FINOS(Fintech Open Source Foundation)를 설립

- 골드만삭스(Goldman Sachs)는 증권 데이터베이스, JP모건(JP Morgan)은 데이터 시각화, 도이치뱅크(Deutsche Bank)는 데이터 관리, 모건 스탠리(Morgan Stanley)는 멀티모달 데이터 통합 분야 SW를 FINOS에 공개
- 400개 이상의 금융기관이 깃허브에서 활동 중이며, 전체 금융기관의 77%가 오픈소스를 활용하는 것으로 조사(FINOS, 2023)
- 헬스케어 분야는 다양한 이해관계자들이 복잡한 생태계를 형성하여 공동의 문제를 해결하는 과정에서 오픈소스 활용이 점차 증가
 - (구글 헬스) 텐서플로(TensorFlow)를 통해 의료 이미지 분석 프로젝트를 지원하며, 깃허브를 통해 AI 기반의 의료 진단 및 예측 모델을 개발
 - (IBM 왓슨) 자체 플랫폼(Watson for Drug Discovery)과 깃허브를 통해 신약 개발용 데이터 분석, AI 등을 제공하는 오픈소스 프로젝트 운영

3. 환경변화에 유연한 적응(Adaptation)

- **SW 시장은 패키지, SI 등의 구축형(On-Premise)에서 클라우드 기반의 온디맨드 서비스형으로 패러다임이 변화**
 - 글로벌 퍼블릭 클라우드 시장은 '21년 5,519억 달러에서 '26년 11,315억 달러까지 성장할 전망(IDC, 2024)
 - 세계 SW 시장 비중은 IT 서비스 49%, 클라우드 26%, 패키지 SW 25% 순
- **클라우드 방식의 SW는 기술적 결함, 고객의 요구, 사용 환경변화 등에 실시간으로 유연하게 대응 가능**
 - 클라우드 이용자는 인터넷을 통해 한 번의 클릭으로 새로운 기능을 추가하거나 SW 버그 수정이 가능
 - 또한 서비스형 SW는 SW 투자 비용과 기간을 단축함으로써 새로운 SW 도입에 따른 기업의 투자 부담을 경감
 - 그뿐만 아니라 다양한 제품의 구조를 서비스형 SW 중심으로 전환함으로써 제품의 서비스화(X as a Service, XaaS)도 가능

모빌리티의 서비스화(Mobility as a Service)를 촉발하는 SDV

- 자동차의 생산 단가에서 SW의 비중이 증가하고 자동차의 구조가 SW 중심으로 변화
 - 자동차 SW 시장은 '20년 340억 달러에서 '30년 840억 달러로 성장할 전망(Gartner, 2022)
- 완성차업체는 인포테인먼트, 안전, 편의, 차량관리, 자율주행 등 다양한 기능을 서비스형 SW로 구현하여 OTA를 통해 실시간 업데이트
 - (메르세데스-벤츠) 서비스형 SW 'Mercedes Me Connect'를 출시하고 이용자에게 매년 1,200달러의 구독료 부과
- 자동차 산업의 서비스화가 보편화되면서 자동차 산업의 서비스 매출 비중은 2020년 3%에서 2040년 40%까지 증가할 전망(McKinsey, 2019)

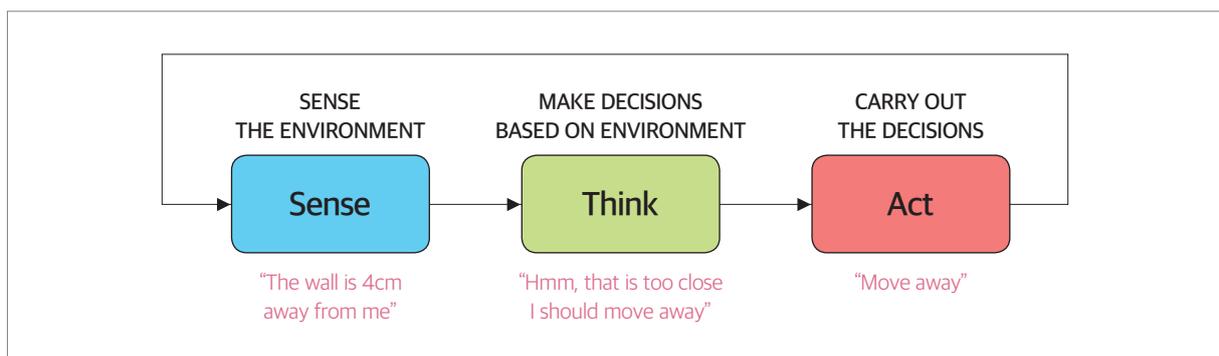
● 금융, 헬스케어 등의 전통산업은 SW와의 융합을 통해 각각 핀테크, 디지털 헬스케어 등의 신산업을 태동시켜 환경변화에 유연하게 적응하며 성장

- 핀테크는 금융의 서비스화(Bank as a Service, BaaS)를 통해 빠르게 성장
 - (솔라리스뱅크) 자사의 서비스를 모듈화하여 다양한 외부 사업자에게 서비스 형태*(BaaS)로 판매
 - * 인터넷 은행 Finum에 banking 서비스, 중고차 플랫폼 카넥스트닷컴(CarNext.com)에 금융서비스, 삼성페이에 할부 결제 서비스를 제공
- 디지털 헬스케어 산업은 SW를 클라우드 서비스 방식으로 제공함으로써 환자 상황에 맞춘 실시간 원격 진료 등 유연한 개인화 서비스 제공
 - (IBM 왓슨 헬스) 환자의 전자 건강 기록(EHR)과 클라우드 데이터 분석 도구를 통합하여 원격 의료 서비스 사업 강화
 - (MS 애저) 2022년부터 클라우드 방식으로 의료 기관들에 전자 건강 기록 관리 및 원격 진료 솔루션을 제공
 - (메드트로닉) 혈당을 자동으로 모니터링하고 인슐린을 투여하는 기기의 펌웨어(Firmware)를 OTA를 통해 업데이트할 수 있도록 미국 식품의약국(FDA) 승인 획득

4. 경쟁을 통한 지속적 혁신(Longevity)

- SW 혁신은 일회적으로 끝나지 않고 사용할수록 데이터가 축적되고 이를 학습하여 성능이 지속적으로 개선
 - 최근 SW는 최소 요구 품질 수준에서 출시한 후 사용 과정에서 생성된 데이터를 학습하여 품질을 개선하는 추세
- 데이터의 수집·인지(Sense) → 판단(Think) → 실행·동작(Act)이 반복되는 선순환 과정을 통해 지능화(Learn & Evolution)
 - SW를 먼저 도입할수록 지속적으로 높은 품질의 SW를 활용할 수 있는 선점자 우위 효과(First Mover Advantage)가 강해 SW 투자 유인을 높임
 - 후발주자는 외부에서 양질의 데이터를 확보하거나, 소스코드를 공개하거나 와해적 기술(Disruptive Technology)에 투자하여 현재 기술을 무력화하고자 시도

■ 그림 3 - SW의 지능화 과정(Frank Dellaert, 2018)



- 고객 측면에서 데이터를 이용한 성능 개선이라는 SW의 특성은 지속적인 이용자 경험 제고를 통한 고객 충성도 강화 및 락-인(Lock-in)으로 연결
 - (고객관리 측면) 고객 경험 중심의 초개인화 서비스와 머신러닝 기반의 챗봇 도입 등을 통해 고객의 요구에 맞는 맞춤형 상품을 제공

- (운영관리 측면) ERP, PLM, CRM 등 기업용 SW에 AI 기능을 탑재하여 지속적으로 업무 효율화 방안과 절차를 찾고 이를 적용

5. 혁신의 확장성(Expansion)

● SW는 혁신 플랫폼으로서 다양한 산업의 제품과 서비스에 적용되어 광범위한 영향력 발휘

- 운영체제는 API를 통해 이종의 제품과 서비스에 적용(One Source Multi Use)함으로써 새로운 기능, 사업 및 시장을 창출
- SW 플랫폼은 다양한 영역으로 확장되고 제품, 서비스, 기능은 SW 플랫폼을 통해 서로 연결되어 새로운 가치를 제공

● 분야 간 융복합이 진전되고 신기술이 등장할수록 SW는 ①기술, ②기기·도메인, ③부품의 통합을 통해 영향력 확장

- (기술 통합) 운영체제는 신기술을 자신의 구성요소로 통합하면서 기능을 확장
 - (인터넷 시대) 웹브라우저(Internet Explorer), 메신저(MSN Messenger) 등의 기능을 추가
 - (모바일 시대) 배터리 관리, 디지털 지도, 측위 기술 및 위치 기반 서비스 등의 기능을 추가
 - (AI 시대) 생성AI가 등장하자 챗봇, 에이전트 AI 등의 기능을 추가
- (기기 및 도메인 통합) 단일의 운영체제가 이종의 기기와 도메인에 적용되면서 이용자의 경험(UX)이 개선되고 새로운 서비스가 출현
 - 다양한 디스플레이 기기에서 콘텐츠를 끊김이 없이 소비하는 N-Screen 서비스 구현
 - 안드로이드, iOS 등 스마트폰 운영체제가 모빌리티, 스마트홈 등 다양한 도메인에 적용
- (부품 통합) 디바이스의 외형, 부품 수, 생산 단가를 유지하면서 다양한 부품의 집적화를 용이하게 지원
 - 스마트폰 등 개인용 디바이스의 운영체제는 멀티미디어 재생, 촬영, 결제, 인터넷/통신, 게이밍 등의 기능 확장을 위해 부품을 집적화

III SW 혁신을 통한 편의

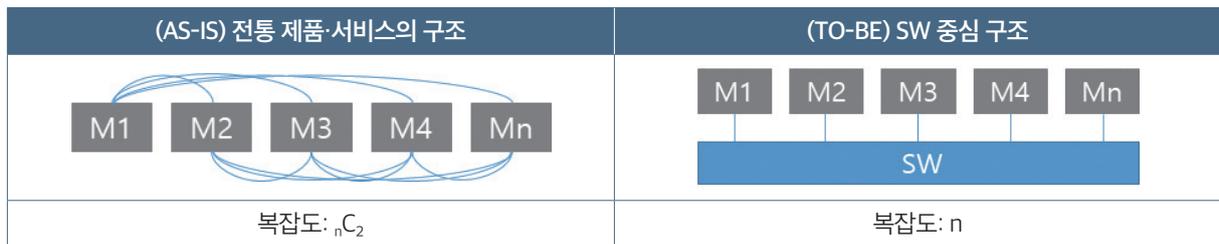
1. 제품·서비스의 구조 고도화

- (AS-IS) 제품·서비스의 구조는 개발 및 통합의 복잡도를 최소화하기 위해 독립적으로 기능하는 분산된 하위 시스템으로 구성([그림 4] 좌측)
 - (구성 및 설계) 기능별 하위 시스템을 구성하고, 이들을 독립적으로 설계하여 상호 연계를 최소화
 - (배치 및 결합) 하위 시스템은 각자 물리적으로 분리된 공간에 배치하고 단순 조립을 통해 전체 제품을 구성
 - (SW 기능) 하위 시스템별로 독립적으로 개발되고 해당 시스템의 기능에만 관여하는 역할 수행
- (TO-BE) 제품·서비스의 기능 추가 및 기능 간 연계·통합이 중요해지면서 전체 시스템을 통합하는 SW 플랫폼의 필요성 증대([그림 4] 우측)
 - (구성 및 설계) 기능의 확장성과 범용성을 목적으로 한 운영체제와 이를 구동시키는 고성능 칩으로 구성된 중앙 통합형 구조
 - (배치 및 결합) API를 통해서 중앙 OS 및 고성능 컴퓨팅의 기능을 공유하고 기능 간 통합
 - (SW 기능) 중앙의 SW 플랫폼이 하위 시스템을 운영하고 하위 시스템으로부터 생성되는 데이터를 통합 관리하며 전체 기능을 최적화하는 기능 수행
- 제품·서비스를 독립된 하위 시스템으로 구성하는 기존방식은 설계 및 제조의 복잡성을 낮출 수 있고 고장 발생 시 원인 파악 및 해결이 용이
 - 복잡한 전체 시스템을 독립적인 하위 시스템으로 모듈화하여 설계, 제조한 후 단순 조립을 통해 완제품을 구현함으로써 제조의 복잡도를 낮출 수 있음
 - 오류나 고장 발생 시 원인 파악이 용이하고 해당하는 하위 시스템만 수리 및 교체를 통해 문제를 손쉽게 해결

● 하지만 기존의 제품·서비스 구조는 하위 시스템 간에 결합 및 새로운 기능 추가 시, 시스템의 복잡도가 급증하여 기능의 변경 및 확장에 제약이 큼

- n개의 하위 시스템으로 구성된 제품·서비스를 통합하기 위한 복잡도는 기존 구조에서는 nC_2 이나 SW 플랫폼을 중심으로 구성할 경우 n으로 낮아짐

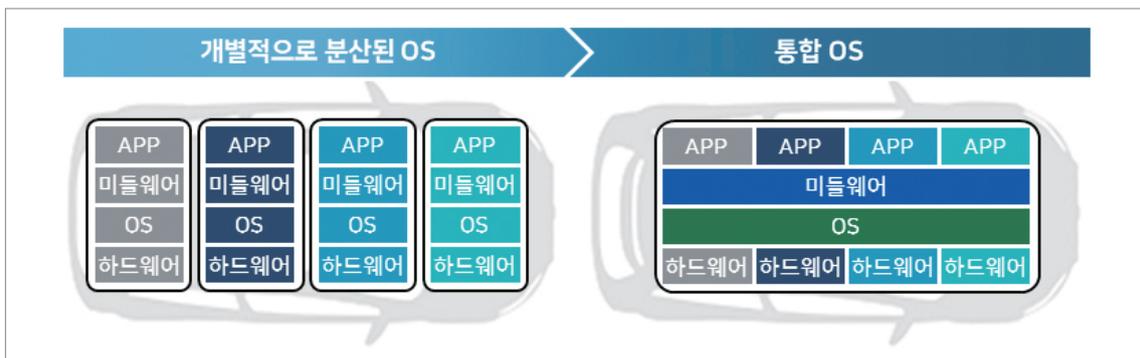
■ 그림 4 - SW로 인한 제품·서비스 구조 변화



※ 출처: FEV.io(2024)를 재구성

SW 중심의 자동차 구조 변화

- 자동차에 SW가 처음 탑재된 1968년 이후 차량용 SW의 활용 범위는 점차 커졌으며, 특히 2000년대 들어 비중이 크게 증가
 - 자동차에 탑재된 SW의 코드 양(Lines of Code)은 1968년 5만 줄에서 2020년경 약 1억 줄까지 늘었고, 2030년에는 3억 줄이 될 전망
- 자동차가 점차 지능화되고 출시 후 지속적인 기능 개선이 필요해짐에 따라 확장성과 유연성을 위한 SDV로 제품 구조가 변화
 - (기존) 수십 개 이상의 하위 시스템별 독립적인 전자제어장치(ECU)와 SW가 들어가 독립적으로 기능하는 독립·분산형 구조
 - (SDV) 분산된 하위 시스템을 주요 기능(도메인)으로 통합한 전자제어장치(DCU)로 구성하고 이를 중앙 집중형 SW 플랫폼에서 통합 관리



2. 조직 구조 및 운영 방식 효율화

● (AS-IS) 20세기 산업화와 함께 대기업이 등장하면서 대량생산에 맞춰 고도의 독립성과 전문성을 추구하는 조직 운영 방식 등장([그림 5] 좌측)

- (조직 구조) 기업은 다수의 사업부(SBU)로 구성되며, 사업부는 다수의 부서(Division)로 분리된 피라미드 형태를 지님
- (운영 방식) 개별 사업부는 독립적, 자율적으로 운영되어 조직 구조 및 업무 프로세스의 경직성이 높으며 부서 간 협력에 제약이 큼
- (SW 기능) ERP 등 일부 SW를 제외한 대다수의 SW가 부서별로 자율적으로 운영되고 부서 간 데이터 이동이 제한됨

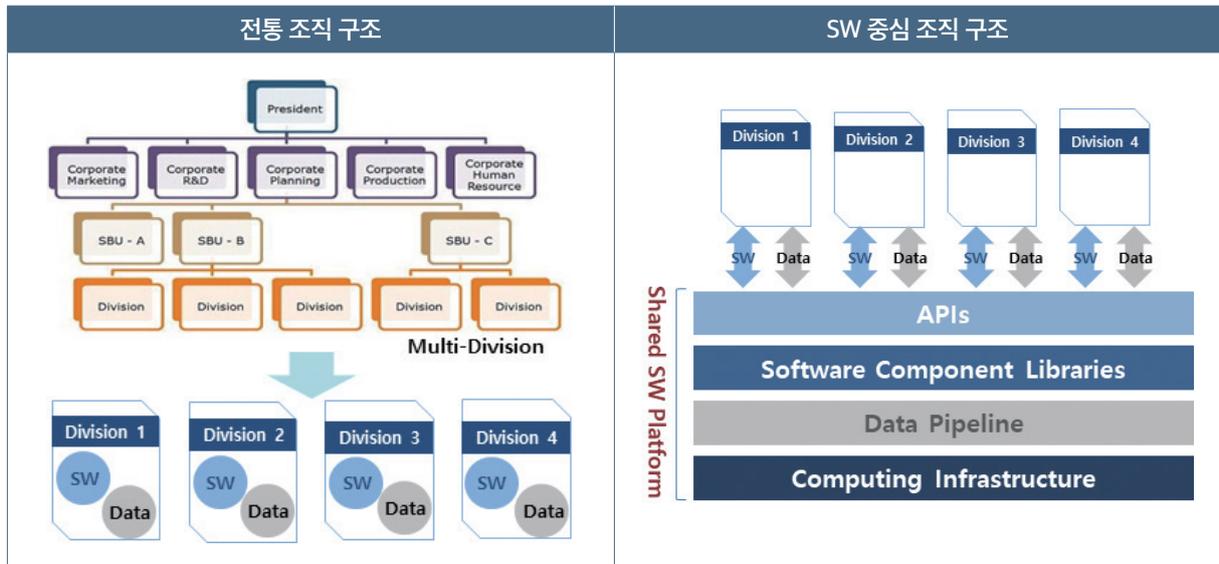
● (TO-BE) 20세기 후반 구글, 아마존 등 디지털 기업을 중심으로 전사 차원의 SW 역량 축적 및 공유를 원활히 하는 조직 운영 방식 등장([그림 5] 우측)

- (조직 구조) 기업은 프로젝트 그룹으로 구성되며, 새로운 그룹의 생성과 기존 그룹의 종단이 빈번한 수평적·유동적 구조를 지님
- (운영 방식) 개별 그룹의 신설과 폐지가 비교적 자유롭고 개별 그룹을 지원하는 SW 후방 조직(SW Back Office)의 기능과 역량이 강화
- (SW 기능) 전사 공통의 데이터 및 SW 인터페이스 내에서 활동하고 이를 통해 그룹 간 또는 외부 조직과의 상호 협력 및 사업 확장의 유연성 개선

아마존 CEO 제프 베조스의 조직 운영 혁신

- 제프 베조스(Jeffrey Preston Jorgensen)는 아마존이 온라인 서점에서 월마트를 능가하는 다양한 제품 구색을 갖춘 전자상거래 기업으로 거듭나기 위해 SW 중심 조직으로 탈바꿈
- SW 중심 조직의 특징은 제프 베조스의 'API 지시(API Mandate)'에서 드러남
 - 데이터, 업무, 소통은 API를 반드시 거쳐야 함
 - API 외에 별도 채널이나 지름길이 있어선 안 됨
 - 기술의 선택은 부차적인 문제임
 - API는 반드시 공개·공유되어야 함

그림 5 - SW로 인한 조직 구조 및 운영 방식 변화



※ 출처: Iansiti&Lakhani(2020)를 재구성

SW로 인한 자동차 기업의 조직 및 운영 방식 변화

- 최근 완성차업체는 하위 시스템을 공급하는 티어 1이 블랙박스 형식으로 내장하여 공급해온 SW를 대신하기 위한 독자 SW 역량을 강화
 - 데보쉬(Bosch), 콘티넨탈 AG(Continental AG) 등 티어 1은 전통적으로 자사 하드웨어에 독자 개발한 개별 SW를 내장하여 완성차업체에 공급
 - SW의 중요성이 커짐에 따라 완성차업체는 SW 조직 신설, SW 기업 인수 등 SW 역량을 강화하여 자체 통합 OS 및 범용 SW를 개발
 - 완성차업체의 SW 역량 확보로 티어 1 업체는 단순 부품 공급업체로 입지가 축소되거나 전문 SW 기업이 경쟁자로 등장할 가능성이 높아짐

완성차업체	SW 조직	SW 조직 수장	SW 관련 인력 계획
폭스바겐 그룹	자회사 '카리아드' (CARIAD)	더크 힐겐베르그(Dirk Hilgenberg) (차량용 IT/SW 전문가)	2025년까지 10,000명 채용 계획
현대차 그룹	계열사 '포티투닷' (42dot)	송창현 (네이버 CTO 출신)	매년 20%씩 확대
도요타	자회사 '우븐 플래닛' (Woven Planet)	제임스 커프너(James Kuffner) (구글 자율주행 SW 담당 경력)	18,000명까지 확대 계획
GM	사내 SW 전담 조직	마이크 애벗(Mike Abbott) (애플 클라우드 부문 부사장)	매년 5,000명 채용

3. 비즈니스 모델 혁신

● (AS-IS) 대다수 기업의 수익 모델은 제품 및 서비스 판매에 따른 일회적인 현금 창출이 보편적이었음

- (고객 접점) 판매 시점이 유일한 고객 접점이며 향후 제품의 유지보수 등 특수한 경우를 제외하면 고객과의 지속적 접점 유지는 제한적
- (가격 책정) 제품 및 서비스 판매 시 소유권 이전에 따른 대가로 가격을 책정하기 때문에 수익이 일회적으로 발생
- (SW 기능) 제품과 서비스 구성요소로서 SW가 기능하기 때문에 수익 창출에 기여도가 제한되거나 제품 판매에 부수적인 역할에 불과

● (TO-BE) 제품·서비스 구조가 SW 중심으로 변모하고 조직 역시 SW를 중심으로 유연하고 확장 가능한 형태로 운영되면서 다양한 비즈니스 모델 채택 가능

- (고객 접점) 제품 판매 후 SW 업그레이드를 통해 수시로 고객에게 새로운 가치를 제공하기 때문에 고객 관여도가 높아지고 지속성이 증대됨
- (가격 책정) SW 분야에서 널리 활용되는 가격 책정 방식이 가능
- (SW 기능) SW를 통해 수익원이 다양해질 뿐만 아니라 고객에게 제공하는 가치가 늘어나 기업의 수익원 다변화 및 수익 증가에 기여

SW를 활용한 가격 책정 방식

- (Versioning) 다양한 버전의 제품을 각기 다른 가격에 판매하거나 제품 판매 후 SW 업데이트 여부에 따라 추가적인 가격 부과
- (Bundling) 별도의 SW 기능을 통합하여 새롭게 부가되는 가치에 따라 차등적인 가격을 책정
- (Dynamic Pricing) 경쟁 환경, 소비자의 지불 의사, 생산 단가 등을 고려하여 수시로 가격을 변경
- (Subscription) 클라우드와 같이 계약 기간 내에 월별, 또는 사용량별(Pay as you go) 가격을 부과

IV 시사점

● SW가 지닌 혁신 특성을 강화하기 위한 정책 개발 필요

* △혁신의 가속화, △협력 강화, △변화에 유연한 적응, △학습과 진화, △타 산업으로의 확장 등

- (Speed) RPA, DevOps 등 SW 기반의 조직 운영을 중심으로 중소기업 대상 디지털전환 지원 사업 추진
 - (디지털전환) 기존의 스마트팩토리, ERP 등 구축 중심 정책에서 벗어나 RPA, DevOps 등의 SW 도구 활용 역량의 확보로 사업 성격 재정의
- (Cooperation) 오픈소스를 중심으로 한 협력의 문화를 조성하고 해외 동반 진출 등 협력적 사업 기회 발굴 지원
 - (오픈소스) 타 산업 대상 오픈소스(깃허브, 국내 공개 SW 포털 등) 기반 연구개발 사업 기획
 - (해외 진출) SW+타 산업 간, 플랫폼 SW+서비스 기업 간 협력적 비즈니스 모델 발굴 및 해외 동반 진출 프로젝트 추진
- (Adaptation) SW 기업의 서비스형 SW 전환 및 전 산업의 서비스형 SW 도입 통한 서비스화 추진
 - (XaaS 선도 프로젝트) 산업 도메인별 SW와 융합한 서비스 대표 모범 사례를 발굴하고 확장
- (Longevity) 급변하는 산업 환경에 맞춰 지속적으로 SW 중심 혁신이 이뤄질 수 있도록 생태계 조성
 - (SDX 연구개발) SDV 관련 개발환경 고도화 및 핵심기술(시스템 SW 등) 혁신
 - (인력양성) 타 산업 SW 융합인재의 AI 개발 도구 활용 역량 개발

- (Expansion) SW 역량을 통해 업계 간 경계를 허물고 신시장, 신산업으로 진출을 촉진하기 위한 규제 환경 개선 필요
 - (제도 정립) 국내의 서비스업/제조업 등 산업별 규제 체계를 완화함으로써 SW 투자 및 활용 유인을 제공하고 글로벌 진출 역량도 강화

참고문헌

1. 국내 문헌

- IBM(2021), IBM RPA를 활용한 디지털 업무 혁신 사례 소개서
- 안소영(2024), 국내외 은행의 BaaS 활용 사례와 시사점, 우리금융그룹

2. 국외 문헌

- FEV.io(2024.7.5.), Navigating the Shift to Centralized E/E Architectures in SDVs, MathWorks Automotive Conference 2024 Europe
- FINOS(2023.11.), The 2023 State of Open Source in Financial Service
- Forst & Sullivan(2023.10.), Passenger Vehicle OEM Strategies for Automotive Operating Systems
- Gartner(2022), Market Trends: Software-Defined Vehicles Will Disrupt the Automotive Supply Chain
- Marco Iansiti and Karim R. Lakhani(2020), Competing in the Age of AI: How Machine Intelligence Changes the Rules of Business, Harvard Business School Press
- James Bessen(2015), Learning by Doing: The Real Connection between Innovation, Wages, and Wealth, Yale University Press
- McKinsey(2019), Automotive Software and Electronics 2030
- Michael E. Porter(1990.3.), The Competitive Advantage of Nations, Harvard Business Review
- OECD(2023), STAN Structural Indicator
- World Bank(2021), At Your Service? The Promise of Serviced-Led Development

3. 기타

- FDA Roundup(2024.4.28.), <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-roundup-april-28-2023#:~:text=The%20FOTA%20feature%20will%20enable,the%20pump%20to%20be%20returned>
- IDC 웹사이트(<https://www.idc.com/kr/>)
- Open Source Contributor Index 웹사이트(<https://opensourceindex.io/>)
- Statista(2024), Global Unicorns 1977-2023, by Year Founded, <https://www.statista.com/statistics/955973/unicorn-companies-foundation-year>
- Smith, N. Dolya(2023.10.), DevOps in Healthcare: A Complete Guide, <https://ventionteams.com/blog/devops-in-healthcare>
- 전자신문(2024.4.21.), “신한은행, RPA 전 영업점 확대 적용”, <https://www.etnews.com/20240419000163>
- 카카오페이(2022), 카카오페이 MLOps 적용기