

# 생산 스케줄링 시스템(APS)

## 정의 및 범위

- ERP와 MES의 중간 개념인 자동생산계획시스템인 APS(Advanced Planning and Scheduling) 시스템은 전통적 생산관리방식인 자재소요량계획(MRP)에 의한 비현실적인 한계를 극복하기 위해 만들어진 새로운 생산관리 방식
- 즉, ERP와 MES 사이의 간극을 메워 두 시스템을 연결하고 생산계획의 품질을 제고, 업무 생산성을 향상시키는 시스템

## 전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (세계) APS 소프트웨어 시장은 2019년 14억 달러에서 연평균 8.8%씩 성장하여 2025년 23억 달러 규모에 이를 전망</li> <li>• (국내) 제조용 애플리케이션 시장 규모는 2019년 1조 3,450억 원에서 연평균 10.1% 성장하여 2024년에는 2조 1,859억 원에 이를 것으로 전망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중소기업은 수작업으로 인한 오기, 누락, 지연 등으로 생산계획에 문제가 발생하는 경우가 있어 스마트 제조 애플리케이션 필요</li> <li>• 스마트팩토리 애플리케이션은 IT 솔루션의 최상단 End-User S/W 시스템. APS, MES, ERP, PLM, SCM 등의 플랫폼상에서 각종 제조실행을 수행</li> <li>• 스마트제조 솔루션 구성요소는 크게 APS, ERP, PLM, SCM, FEMS, MES로 구성</li> </ul>
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부 및 기업들은 제4차 산업혁명 대응 및 산업경쟁력 강화를 위하여 스마트 팩토리에 대한 관심 증대</li> <li>• 스마트팩토리 애플리케이션 분야는 스마트 제조의 핵심 분야</li> <li>• 정부는 민관합동 스마트제조추진단을 통해 APS, ERP, MES 등의 스마트팩토리 애플리케이션을 활용한 지능형 유연 생산공장 보급사업을 진행 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 ERP와 통합하여 운영되는 자동화 스케줄링 시스템 구축이 진행 중</li> <li>• 빅데이터를 활용한 지능형 생산계획 및 스케줄링으로 실시간 생산계획 수정 및 개선이 가능</li> <li>• 휴리스틱(heuristic) 방법론, 인공지능(AI; artificial intelligence) 기법, 최적화 (optimization) 방법론과 연계된 기술이 필요</li> </ul>
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (해외) Oracle, Cisco, SAP, Siemens, Rockwell Automation, Honeywell</li> <li>• (대기업) LG CNS, 포스코 ICT,</li> <li>• (중소기업) 케이에스텍, 지에스티, LS일렉트릭, 대웅제약, 신성이앤지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유연생산을 위한 동적 스케줄링 기술</li> <li>• AI 활용 생산데이터 분석 및 최적화 기술</li> <li>• 납기 예측 시뮬레이션 기술</li> <li>• APS와 다양한 제조시스템/장비 간 인터페이스 지원 기술</li> </ul>

## 중소기업 기술개발 전략

- MES의 조기 구축 및 효율적인 생산계획 수립을 위한 중소 제조기업용 통합 스케줄링 기법 개발
- 전문기술 및 인력 부재, 정보화 기술이 미흡한 중소 제조 현장에 적합한 데이터관리체계 구축
- 산·학 및 중·소·대기업 간의 연계를 통한 시스템 개발 및 적용에 대한 비용 부담 최소화

# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

### (1) 정의

- APS(Advanced Planning and Scheduling) 시스템은 MRP(Material Requirement Planning) 시스템의 무한능력(Infinite Capacity) 계획의 한계를 보완하는 대안적 도구. 즉, 자재, 설비, 작업자 등과 같은 다양한 변수와 제약된 조건들을 동시에 고려하여 현실성 있는 최적의 스케줄링 문제를 해결
  - 원자재, 재공품, 완제품 모든 제조 과정에서 발생할 수 있는 다양한 변수들을 종합적으로 고려하여 생산량 증가, 납기 보장 능력이 탁월
- APS 시스템은 신속하며 자재계획과 자원 능력 계획을 동시에 수립한다. 또한, 비정상적인 가정을 배제하여 특정 변수에 치중되는 경우를 줄이고 현실성을 고려한 계획을 수립
- APS 기능별 세부 내용
  - 생산계획(Production Planning): 주어진 수요와 생산 용량 등의 정보를 바탕으로 계획 기간 내의 장/단기 생산계획 수립
  - 수요계획(Demand Planning): 최종 고객의 완제품에 대한 수요 추세나 확률적 분포를 정확하게 예측
  - 공급계획(Supply Planning): 원재료의 구매, 공급, 조달 비용 및 리드 타임 단축을 위한 공급 체인을 최적화
  - 수/배송계획(Distribution/Transportation Planning): 리드 타임 및 수/배송 비용 단축을 위한 최종 제품의 배송, 중간 부품의 공장 및 설비 간 수송을 최적화
  - 생산 스케줄링(Detailed Operation Scheduling and Sequencing): 생산성과 납기 만족을 위한 개별공장, 설비 단위의 작업순서 결정 및 세부 일정계획 수립

### [ APS 시스템의 구조 ]



\* 출처 : 데이터 기반 의사결정을 위한 APS 솔루션 (헬로테크, 2021)

## (2) 필요성

- 제조업은 공급자 중심에서 소비자 중심으로 산업구조가 변화되고 있음, 그에 따라 다품종소량생산 추세로 제품 생산관리가 더욱 중요해짐
  - 현재 제조업은 소비자의 급변하는 니즈에 대응하기 위해 다품종소량생산 공정을 선호
  - 개인화 생산은 개인 고객의 다양한 요구를 생산에 반영할 수 있는 체계가 수립되어야 함
  - 이는 산업 인터넷, 다기능로봇, 3D 프린팅, 빅데이터 등 유연 생산체계의 제반 기술의 발전과 더불어 더욱 가시화되고 있는 상황
- APS 시스템은 급변하는 제조 환경에서 다양한 현장의 요건들을 고려하여 효율적인 스케줄을 수립할 수 있고, 변화하는 상황에 신속한 스케줄 변경 및 수정을 할 수 있는 시스템적 지원체계
  - 원자재 공급업체로부터 구매 및 조달 활동, 생산 설비 내에서의 수요예측, 생산계획 및 일정계획 등의 모든 기능 관리가 가능
  - 고객의 수요를 충족시키기 위해 각종 자재의 가용 여부, 가공 및 처리 등 작업장의 설비 능력과 여러 제약조건을 동시에 고려한 생산계획 시스템
- APS 시스템 개발 및 적용의 핵심 사항으로는 첫째, APS 시스템의 낮은 개발 비용과 직관적인 운영 로직을 통한 쉬운 접근성과 둘째, 정보화 기술이 낮은 제조 현장을 감안한 데이터 관리 체계, 긴급주문 및 납기 단축과 같은 긴급도가 높은 상황에서의 대응이 요구됨
- APS 시스템의 적용 효과를 볼 수 있는 환경
  - 가용자원이 한정적인 상황에서 고객의 주문에 대한 납기를 단축해야 하거나, 치열한 제조 경쟁에 직면하고 있는 상황에 해당
  - 즉, 변화가 심한 생산 작업환경이나 다양한 주문에 따라 신속하게 대처할 수 있는 능력이 요구되는 작업환경, 자본집약형 생산방식의 작업환경, 제품의 작업순서가 중요하게 반영되는 생산 작업환경 및 지정된 납기에 생산 제품을 공급해야 하는 작업환경 등에 적용
- 4차 산업혁명 및 스마트제조에 대응하기 위한 중소기업에 대한 정부의 지원정책은 대다수 중소기업이 기본정보처리시스템을 통한 생산 이력 및 불량제품 관리능력이 없다는 점을 간과한 채, MES(Manufacturing Execution System)가 갖춰진 기업에 초점을 맞추고 있으므로 실효성이 크지 못함
- 따라서 중소기업 실정에 적합한 솔루션 시스템 개발 및 보급이 시급한 과제

## 나. 범위 및 분류

### (1) 가치사슬

- 4차 산업혁명이 주요 제조업의 가치사슬에 미치는 영향은 점차 커질 것으로 보임
  - ICT 기술 발전에 따라 제품 특성이 하드웨어형에서 소프트웨어형으로 변화하고 있으며, 4차 산업혁명 주요 핵심기술과의 결합으로 네트워크형 제품으로 진화
  - 지금까지 개별적인 개체로 존재하던 제품이 네트워크를 통해 서로 연결되면서 새로운 기능과 서비스가 창출되면서, 하드웨어적인 제조경쟁력 위주의 경쟁 구도가 약화하고 네트워크를 기반으로 하는 서비스 플랫폼의 경쟁력이 중요해지고 있음
  
- APS 시스템 운용과 관련된 후방산업은 공정설계 플랫폼, 제조실행 분석 플랫폼, 품질분석 플랫폼, 설비보전 플랫폼, 안전/증감작업 플랫폼, 조달/고객 대응 플랫폼으로 구성
  - 후방산업에 있어 모든 제조 공정의 전 과정을 자동화하는 플랫폼 기술이 발전
  
- 전방산업은 스마트제조 관련 산업, 임베디드 디바이스 산업, 기존의 센서 산업, 자동차, 전자, 조선, 디지털 TV, 가전, 첨단무기 관련 산업 등으로 구성
  - 전방산업의 자동화 공정 요구에 따라 기존 기계 장치, 디바이스 등의 IoT 결합을 위한 CPS 등 기술 수요가 중요

#### [ 생산 스케줄링(APS) 시스템 산업구조 ]

후방산업	생산 스케줄링(APS) 시스템	전방산업
ICT 관련 시장, IoT 통신, 고신뢰 OS 시장, 임베디드 SW 시장 등	스마트제조 애플리케이션 SW : APS, MES, POP, ERP, PLM, SCM 등	스마트제조 산업, 센서 산업, 자동차, 전자, 조선, 건설, 기계, 에너지, 첨단무기 관련 산업 등

## (2) 용도별 분류

- 스마트제조 핵심 요소기술 영역은 크게 애플리케이션, 플랫폼, 장비·디바이스로 구분되어 전개되고 있으며, 이들 간의 통합화가 표준화로 추진 중
- 애플리케이션은 스마트제조 IT 솔루션의 최상위 소프트웨어 시스템으로 APS, SCM, ERP, PLM, MES 등 플랫폼상에서 각종 제조실행을 수행하는 애플리케이션으로 공정설계, 제조실행분석, 품질분석, 설비보전, 안전/증감작업, 유통/조달/고객 대응 등이 있음
- 제조 애플리케이션은 기존의 PLC → MES → ERP로 수직 구조화되어 있는 아키텍처에서 PLC와 바로 실시간 인터페이스 가능한 MES와 통합된 ERP를 제공해 생산 환경의 동적 변화에 더 유연하게 대응할 수 있는 솔루션을 제공

### [ 스마트제조 애플리케이션 기술별 분류 ]

스마트제조 기술 분류			최고 기술국	한국의 기술 역량 및 평가
대분류	중분류	소분류		
애플리케이션	비즈니스	APS	미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대기업은 세계적 SCM 경쟁력 확보, 동기화 생산기술 최고 수준</li> <li>• 조선산업은 공급망을 고려한 생산계획 모듈 설계 및 일정계획을 보완하는 TOC 기반의 블록도장 실행시스템 우수</li> </ul>
		SCM	독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 우수한 인력 및 산업체 응용 경험 풍부</li> <li>• 대기업을 중심으로 세계적인 SCM 경쟁력 보유</li> </ul>
		ERP	미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중소형 솔루션 보급으로 중소기업에서 활용도가 높지만(고객 특화 개발 가능), 대기업 및 중견기업은 외산 선호</li> <li>• 삼성SDS, LG, SK C&amp;C와 같은 국내 SI 업체들 또한 SAP 위주의 ERP 기술 보유</li> </ul>
		PLM	미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대부분의 개발업체 파산 및 개발자 이직, 업체의 영세성 등 전반적으로 업체 수와 인력 수급 부족으로 솔루션 업그레이드 및 유지보수 불가</li> <li>• 3D CAD를 비롯한 선행 기술이 외산이므로 기술 종속 심화</li> </ul>
	공장 운영시스템	MES	미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오랜 경험을 바탕으로 기술력을 확보한 우수 공급사들이 많음</li> <li>• 시장이 대기업 중심으로 구성되어 있으며 지역 종속성이 강함</li> <li>• 우수 공급사들의 해외 시장 진출이 어렵고 해외 마케팅 역량 부족</li> <li>• 자동차 부품 제조업 중심으로 MES 시장 전개</li> </ul>

\* 출처 : 한국 스마트제조 산업협회 홈페이지

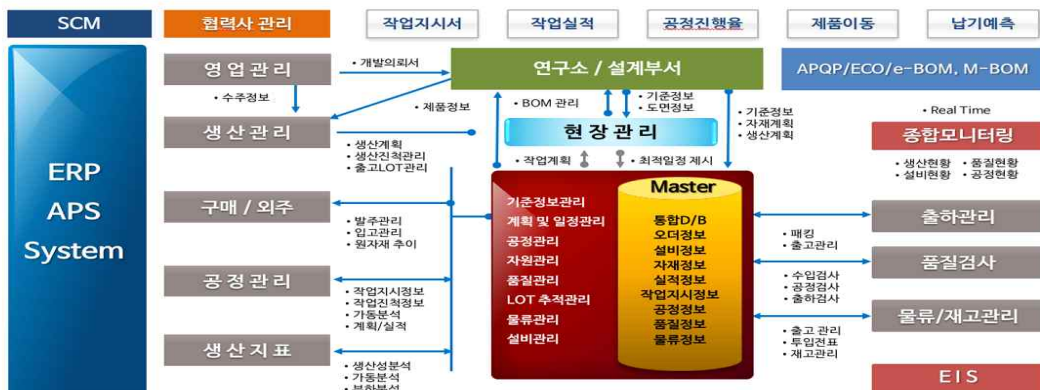
## 2. 산업 및 시장 분석

### 가. 산업 분석

#### ◎ APS 시스템 국내 도입 및 활용현황

- APS 시스템은 2000년 초반부터 국내 조선, 반도체, 자동차, 물류 업체 등 제조업 중심으로 다양한 산업현장에 도입하여 진행하고 있으며, 관련 기술개발이 활발히 진행 중
- APS 시스템은 전통적인 계획 방법인 MRP 시스템에 비해 빠르고 진보된 로직을 사용함
  - MRP의 경우 단순한 사칙 연산으로 생산 계획을 산출하지만, APS 시스템의 경우 최적화 이론, 휴리스틱 기법, 인공지능과 같은 첨단 기법을 사용하여 주문과 생산 일정을 체계적으로 관리
- 산업별 스케줄링 기법 활용현황
  - 스마트제조 분야에선 생산 시스템 고도화를 위해 APS 시스템을 필수적으로 구축. IoT 기반의 센서와 소프트웨어를 통해 실시간으로 생산량을 조절하여 납기를 맞추거나 조절
  - 반도체 산업에서는 반도체 세정(clean)공정, 포토(photo) 공정, 화학(chemical) 공정 및 이송/반송(transporter) 장비 등에 스케줄링 기법이 주로 적용되고 또한, 세부적인 측면으로 웨이퍼(wafer) 절단, IC칩(chip) 조립 및 버퍼(buffer) 관련 스케줄링 기법들이 많이 등장
  - 자동차 산업에서는 물류 관점에서의 차량 이동 경로 스케줄링 및 조달 공급망 계획에 적용. 부가적으로 IT(information technology) 기술이 접목된 차량 제어 연구와 전기자동차 기반의 충전 스케줄링 연구에 주로 적용
- 또한 APS는 SCM의 여러 부분 중에서 생산 스케줄링을 의미. SCM은 고객사, 자회사, 협력사의 모든 제조 공정에서 구매-생산-공급의 처음부터 끝나는 과정까지의 전체로 표현한다면, APS는 일정계획, 조달계획, 생산계획, 수요계획처럼 계획에 특화된 ‘시작하는 첫 단계’

[ APS와 SCM의 관계 ]



\* 출처 : (주)이맥스하이텍 홈페이지 (2021)

## ◎ APS 시스템 적용 유형

- 중소 제조기업을 대상으로 한 기존 상용 솔루션 시스템의 경우 다양하고 많은 기능의 구현을 위해 시스템 구축 시 큰 비용과 시간이 소요되고, 시스템 도입과 운영을 위해 발생하는 비용이 매우 많이 필요하여 부담을 품고 있는 것이 현실
- (방법론 적용 기법) 분석적 계층화 과정(AHP; analytic hierarchy process) 기법, 디스패칭 룰(dispatching-rules), 시간 제약전파(time constraints propagation) 메커니즘, 시뮬레이션(simulation) 기법 등과 연계한 기법들을 적용 중
- (애플리케이션 개발 기법) 중소제조기업 맞춤형 APS, 유연성을 고려한 시뮬레이션 기반 APS, RMC(reconfigurable manufacturing system)의 재구성 성을 고려한 APS, SCP-matrix(supply chain planning matrix)를 고려한 APS 등의 기법들을 적용 중

## ◎ 중소기업용 APS 시스템

- 공급자 중심에서 소비자 중심으로 시장 트렌드가 변화하면서 불량, 재고관리 등의 비용 발생을 최소화하기 위한 정교한 생산관리 시스템의 필요성 증가
  - 고객들의 요구사항들이 다양해지고 제품 수명주기(life-cycle)가 단축됨에 따라 제품을 생산하는 체제가 다품중소량생산을 넘어 개인 맞춤형 생산체제로 급격히 변화
  - 국내기업들은 외부적으로는 시장 점유율의 극대화 및 기업 이미지 강화에 초점을 맞추고, 내부적으로는 고객 주문에 대한 리드 타임 단축, 납기 준수 및 재고의 최소화 등에 역점
- 중소기업은 생산계획 수립에 있어서 생산능력과 재고가 실시간으로 보정되지 못하여 일일이 수작업으로 확인하고, 수기 문서에 의해 생산계획에 반영하는 등 비효율적으로 운영
  - 특히 제품들의 구조와 형태가 다양해질 뿐만 아니라 제품을 생산하는 제조 현장이 매우 복잡하게 변화되고 있어 효율적으로 제품생산 공정을 계획하고 생산 작업을 실행하는 데 있어 많은 어려움이 발생
- 중소기업은 정부의 지원 노력에도 불구하고 낮은 IT 활용 능력과 미흡한 정보관리 시스템으로 인해 지원정책 추진의 효과성과 글로벌 기술 동향 대비 핵심기술 개발 능력이 부족한 실정
  - 대규모 개발 비용 부담이 매우 높은 상황으로 자체 전문인력 확보가 어렵고 스케줄링 시스템에 대한 이해가 매우 부족한 상황
  - 따라서 시스템의 개발 비용이 적어야 하고, 시스템이 가벼워야 하고, 대기업과 상용화된 시스템과 같은 다양하고 많은 기능을 제공하기보다는 중소기업의 열악한 상황과 특성에 맞는 핵심 기능만을 구현
  - 즉, 한정된 자원의 효율적인 활용을 통한 생산성 향상과 설비가동률 향상, 생산비용 절감, 납기 준수 및 지속적이고 안정된 제품생산이 가능한 영세한 중소기업의 생산성 제고 및 시장 경쟁력 확보를 위해 중소기업에 적합한 스케줄링 시스템이 절실히 요구됨

◎ APS 관련 스마트제조 솔루션 산업

- 스마트제조 공급산업은 크게 솔루션, 생산 설비, 서비스로 분류
  - 스마트제조에 필요한 All-in-One(종합) 솔루션
  - 하드웨어 기반으로 동작하는 로봇, 3D 프린팅, 통신네트워크 등의 생산 설비
  - 빅데이터나 클라우드와 같은 소프트웨어 중심 기술과 각종 기술을 통합하여 스마트 팩토리를 구현하는 시스템 통합 및 컨설팅 분야를 추가한 서비스로 분류
- 스마트제조 솔루션의 구성요소는 크게 APS, ERP, PLM, SCM, FEMS, MES로 구성되어 있음
- APS(Advanced Planning & Scheduling, 생산계획시스템)는 ERP와 MES 두 시스템 간 중간에 위치하여 수요계획, 생산계획 및 스케줄을 관리하는 시스템
- 솔루션 부문은 스마트공장의 경영과 생산, 공급사슬과 제품개발 등의 관리 기능을 수행하는 시스템이며 크게 경영과 생산 부문으로 구분
  - 경영 부문은 기업의 회계와 인사 등의 정보를 통합 관리하는 ERP와 공급사슬을 관리하는 SCM, 제품개발을 관리하는 PLM 등으로 구성
  - 스마트제조 환경에서는 생산 부문 또는 공장 현장의 생산실적과 생산계획까지도 포함하는 개념으로 확장
  - 생산 부문은 제조업의 생산정보를 통합적으로 관리하는 MES를 중심으로 구성되며, 에너지관리에 특화된 FEMS 등을 포함

[ 스마트제조 솔루션 구성요소의 정의 ]

솔루션 (SW)	정의
APS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Planning and Scheduling, 생산계획시스템</li> <li>• ERP와 MES 두 시스템 간 중간에 위치하여 수요계획, 생산계획 및 스케줄을 관리하는 시스템</li> </ul>
ERP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enterprise Resource Planning, 전사적 자원관리</li> <li>• 경영활동 데이터를 통합·관리하는 전사적 자원관리 시스템</li> </ul>
PLM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Product Life-cycle Management, 제품수명주기관리</li> <li>• 제품개발부터 폐기에 이르기까지 제품생산 전 과정의 데이터를 관리하는 시스템</li> </ul>
SCM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supply Chain Management, 공급사슬관리</li> <li>• 제조업의 전체 공급망을 전산화하여 효율적으로 처리할 수 있는 관리시스템</li> </ul>
FMES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factory Energy Management System, 공장에너지관리시스템</li> <li>• 제조공장의 에너지 이용 효율을 개선하는 에너지관리시스템(EMS)</li> </ul>
MES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manufacturing Execution System, 제조실행시스템</li> <li>• 제조 데이터를 통합하여 관리하는 시스템으로 공장 운영 및 통제, 품질관리, 창고관리, 설비관리, 금형 관리 등 제조 현장에서 필요로 하는 다양한 기능을 지원</li> </ul>

\* 출처 : 산업포커스보고서 (KIET, 2020.05)

## 나. 시장 분석

### (1) 세계시장

- 세계 APS 소프트웨어 시장은 2019년 14억 달러에서 연평균 8.8%씩 성장하여 2025년 23억 달러 규모에 이를 전망
  - 대표적 애플리케이션인 MES와 SCM은 각각 연평균 13.9%, 6.5%의 성장세를 보일 것으로 전망

[ APS 소프트웨어 세계 시장 규모 및 전망 ]

(단위 : 십억 달러, %)

구분	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	CAGR
세계시장	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	8.8

\* 출처 : Advanced Planning and Scheduling Market Size (Businesswire, 2021)

### (2) 국내시장

#### ◎ 국내 스마트제조 애플리케이션 시장

- 국내 제조용 애플리케이션 시장 규모는 2019년 1조 3,450억 원에서 연평균 10.1% 성장하여 2024년에는 2조 1,859억 원에 이를 것으로 전망
  - 그러나 제조 분야의 외산 솔루션 도입 비율이 약 90%에 달하며, 대표적 애플리케이션인 ERP와 SCM의 국내시장 규모는 세계시장 대비 0.4~0.6% 정도의 성장세를 보일 것으로 추정

[ 스마트제조 애플리케이션 국내 시장 규모 및 전망 ]

(단위 : 억 원, %)

구분	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	CAGR
국내시장	13,450	14,795	16,275	17,902	19,692	21,661	23,827	10.1

\* 출처 : Smart Manufacturing Platform Market (MARKETSANDMARKETS, 2020)를 바탕으로 네모아이씨지에서 재추정

- 스마트제조 애플리케이션 분야는 스마트제조 핵심 분야로, 정부는 민관합동 스마트제조 추진단을 통해 지능형 유연 생산공장 보급사업을 진행 중이며, 대표적 애플리케이션인 MES, APS, SCM, ERP 개발 관련 중소기업이 스마트제조 지원정책의 대상
  - 중소기업의 경우, 정부에서 2025년까지 3만 개 보급·확산사업(추정 시장 1조 원, 중소기업 비중 98.1%, 중견기업 비중 1.9%)으로 자체적인 경쟁력 확보를 위한 스마트제조 도입이 확산하여 대기업의 협력업체들도 대기업의 변화에 대응하기 위한 투자가 지속해서 확대될 것으로 전망되며, 스마트제조 시장이 커질 것으로 예상

- 스마트공장용 애플리케이션 기술력 부족, 소프트웨어 기술은 대부분 해외에 의존하고 있는 상황. 스마트공장에서 생기는 많은 양의 데이터를 적절하게 처리하는 소프트웨어 시스템 기술개발 필요
  - 스마트공장용 SW 기술력은 HW 분야에 비해 상대적으로 뒤처짐. 소프트웨어 수준은 선진국 대비 70%로 세계 최고 수준의 IT 인프라를 적절하게 활용하고 있지 못하는 상황
  
- 결론적으로 국내 스마트제조 공장 플랫폼 시장의 대부분은 주로 선진 외국기업이 장악하고 있는 실정. 최근 스마트공장 시범 사업 추진을 통해 공급 기술의 국산화율은 34.1%로 높은 편이지만 주로 중저가 장비, 부품, 소모품 등에 한정
  - 부가가치가 높은 지능형 장비 및 시스템 기술은 대부분 외국 제품이 대다수. 공정 모델링 등의 기술이 개별적으로 개발(선진국 대비 70% 수준, KISTEP) 되고 있으나, 국내 중소 및 중견 제조기업에 필요한 고객 맞춤형 공정설계 기술 등 통합 기술은 없으며 투자 여력도 부족한 상황

### 3. 기술 개발 동향

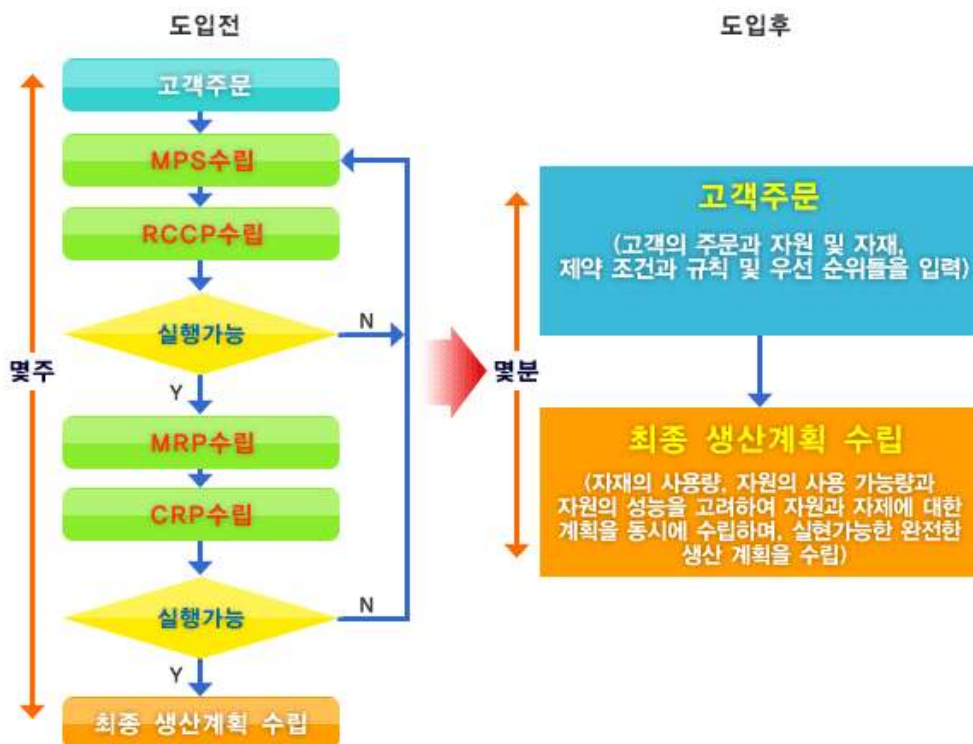
- 기술경쟁력
  - 생산 스케줄링 시스템(APS)은 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 73.6%의 기술 수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 1.8년으로 분석
  - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 62.7%, 기술격차는 2.4년으로 평가
  - 유럽(93.4%)> 일본(89.6%)> 한국> 중국(68.4%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)<sup>1)</sup>
  - 생산 스케줄링 시스템(APS)은 7.44의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

#### 가. 기술개발 이슈

##### ◎ APS 시스템 개요

- APS 시스템은 MRP 시스템과는 달리 자재계획과 자원계획을 동시에 수립하여 통합적 생산계획을 제공

[ APS시스템 도입전/후 ]



\* 출처 : 코아시스템 홈페이지

1) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명을 예측

- 또한 휴리스틱(heuristic) 방법론, 인공지능(AI; artificial intelligence) 기법, 최적화 (optimization) 방법론과 연계하여 기존의 MRP와는 달리 논리적인 접근을 통해 생산계획의 문제점을 신속히 발견할 뿐만 아니라 계산처리가 빨라져서 시간을 단축하고 더 정확성이 높은 생산계획을 수립
  - 이를 통해 정확하고 신속한 납기산정 및 정시납품이 가능
- 국내의 경우 APS 시스템은 이산형 제조로 일컫는 전자, 전기 및 기계 산업 등에 중점적으로 적용 및 개발되었고, 섬유, 화학 및 소비재 등의 다양한 분야로도 점차 확산이 되는 추세
- APS의 역할은 ERP와 MES 사이의 틈을 메워 두 시스템을 연결하고 생산계획의 품질을 제고하며 업무 생산성을 향상, 수요계획에서 생산계획을 거쳐 제조실행과 자재 발주를 통합하는 Closed Loop 체계를 구성
- APS 시스템의 적용 효과를 볼 수 있는 환경으로는 가용자원이 한정적인 상황에서 고객의 주문에 대한 납기를 단축해야 하거나, 치열한 제조 경쟁에 직면하고 있는 경우에 해당
  - 즉, 변화가 심한 생산 작업환경이나 다양한 주문에 따라 신속하게 대처할 수 있는 능력이 요구되는 작업환경, 자본집약형 생산방식의 작업환경, 제품의 작업순서가 중요하게 반영되는 생산 작업환경 및 지정된 납기에 생산 제품을 공급해야 하는 작업환경 등에 적용

[ APS, SCM, ERP 애플리케이션 핵심 계획 특성 ]

	APS	SCM	ERP
특징적인 접근	전술적 전략	전술적 전략	거래
계획 방법	동적	동적	고정
데이터처리	빠른	매질을 통해	빠른
의사결정 보조	최적으로 제시	미래에 대한 현재	과거부터 현재까지
데이터 업데이트 빈도	실시간	실시간	일괄적
주요 초점	제조에서 배송까지의 프로세스 시뮬레이션	배달 프로세스에 대한 수요 시뮬레이션	데이터 및 통합 관리
계약 처리	동시에	동시에	독립적
분석모델	상향식 접근	상향식 접근	하향식 접근
최적화	높은	높은	낮음
계획 기간	배수	배수	단일
계획 접근법	계약/비계약 기반 계획	계약 기반 계획	제한된 제약이 있는 용량 기반 계획
계산 방법	최적화, 알고리즘	전체론적	MRP 계산

\* 출처 : TEC

## ◎ 중소기업용 APS 시스템 도입 조건

- 중소기업들은 핵심기술 및 인력 부족과 높은 소프트웨어 및 하드웨어 기술의 외부 의존도로 4차 산업혁명 대응 기반이 취약
  - 대기업보다 첨단 ICT 기술 및 공장 스마트화 역량의 크게 미달할 뿐만 아니라 솔루션 시스템 개발 비용의 과다와 인력 부족 등으로 IT 기술 활용도가 매우 낮은 실정
- 중소기업들은 데이터 수집 장치를 통한 생산 이력 및 불량제품 관리와 같은 기본적인 정보관리시스템조차 갖추고 있지 못한 실정으로 제품 수명주기 단축 및 고객의 요구 다양성에 따른 탄력적인 제품생산이 곤란
- 따라서 중소기업을 위하여 4차 산업혁명 대응 기반 마련을 위한 생산데이터 관리 도구 활용을 통한 MES의 조기 구축 및 효율적인 생산계획수립을 위한 중소기업용 통합스케줄링 기법의 개발 보급이 필요
- 중소기업의 현실을 반영한 제약조건들
  - 시스템 개발 및 적용에 대한 비용 부담을 고려
  - 전문기술 및 인력의 부재로 인한 시스템 편의성을 고려
  - 현장의 생산데이터 수집 및 관리가 미흡한 점을 고려
  - 도입된 시스템에 대한 작업자의 신뢰 부족 등을 고려
- 결국, 중소기업 형의 APS 시스템은 낮은 개발 비용과 직관적인 운영 로직을 통해 접근이 쉬워야 하며, 정보화 기술이 미흡한 제조 현장에 적합한 데이터 관리 체계가 구축되어야 함

## 나. 생태계 기술 동향

### (1) 해외 플레이어 동향

- 스마트공장과 관련하여 시장을 주도하고 있는 주요 기업들로는 미국의 Flir, National Instrument, 일본의 Mitsubishi, 프랑스의 Schneider Electric 센서와 소프트웨어 및 하드웨어를 포함하여 공정의 전 영역에 걸친 통합 솔루션을 제공하는 기업들로 스마트공장의 기술시장을 선도

[ 스마트공장 요소 기술별 기업 분류 ]

특징	센서	계측	자동화	소프트웨어
기업				
산업 트렌드	<ul style="list-style-type: none"> <li>비접촉 방식의 센서에 대한 요구 증가, 열화상카메라 가격 안정화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>첨단 제조 와 에너지 산업에서 점점 복잡하고 정밀한 수치를 위해</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대용량 데이터의 문제 발생 위험 증가, 해결책으로 엣지컴퓨팅 요구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공장 운영, 의사 결정, 인사 등 다양한 영역에서 수많은 데이터의 분석 필요</li> </ul>
업체의 경쟁력	<ul style="list-style-type: none"> <li>열화상카메라 전문기업으로 카메라 적용되는 부품들 원천기술 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정밀한 계측 기술과 이를 바탕으로 개발된 정밀 제어 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자동화를 기술과 IT 시스템을 연결하는 통합 솔루션을 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>안전성과 생산성 향상을 위해 다양한 산업군에 적용 가능</li> </ul>
키워드	"열화상 원천기술 보유"	"이더넷 기반의 정밀한 동기화 기술"	"e-F@ctory, FA와 IT 통합"	"확장 가능한 반응형 플랫폼"

\* 자료: 스마트 팩토리 선봉 기업 (테크월드, 2019)

- (Flir) 적외선 센서 전문기업으로 스마트팩토리의 핵심 하드웨어인 센서 공급. ERP, CRM(Customer Relationship Management) 및 공급망 관리시스템인 SCM의 실시간 재고 파악 및 생산 감시 등의 핵심기술 제공
- (Schneider) 소프트웨어 전문기업으로 데이터 분석을 바탕으로 생산 및 운영 의사결정에 도움. 빅데이터, 인공지능 등의 최신 기법을 사용하여 공장별 최적화가 가능한 플랫폼 형태의 서비스 제공

- (Siemens) 생산 설비, 제어시스템 및 산업용 소프트웨어 등 거의 모든 산업 분야의 제조 및 공정 자동화 솔루션을 보유하고 있으며 자동화, 디지털화 영역에 핵심 역량 집중
- (Rockwell Automation) 센서 장비, 제어 장비 등 하드웨어에서 네트워크 기술 및 소프트웨어와 같은 인프라와 응용프로그램까지 산업 전 분야에 걸친 자동화와 정보 솔루션 제공
- (Honeywell) 자동화기기, 제어기기, 전자통신 제조업체로 대형 전자장치에서 소형 온도 조절기까지 다양한 제품을 공급하고 있으며 데이터 처리 시스템과 산업용 애플리케이션 등 소프트웨어 솔루션으로 사업 영역 확대

## (2) 국내 플레이어 동향

- (포스코ICT) 포항제철소를 스마트 팩토리로 바꾸기 위한 작업을 진행 중. IoT 센서를 적용해 제조 현장의 데이터를 수집하고 빅데이터로 분석·예측함은 물론 AI를 통한 자가 학습으로 최적의 제어를 가능하게 하는 생산 환경을 구현
  - 효율적 설비관리로 무장애 생산체계를 실현하고 품질결함 요인을 사전에 파악해 불량률 최소화
  - 생산공정을 시뮬레이션하고 작업장의 위험 요소를 실시간으로 조치해 안전한 생산 환경을 구현
- (LG CNS) 삼성KPMG와 ‘스마트팩토리 보안 사업 강화 및 협업’ MOU 체결. 양사는 스마트팩토리 컨설팅을 진행하고 서비스 확장을 계획 중
  - 스마트팩토리 보안기술, 운영관리, 관제 시스템을 중점적으로 기술개발 진행
- (케이에스텍) ‘20년 7월 IT 미디어 플랫폼 토크 아이티(Talk IT)를 통해 생산 최적화 스케줄링 솔루션 소개 웨비나를 진행
  - KSTEC은 1998년부터 최적화, 인공지능, 빅데이터, 시각화 솔루션 판매, 개발 및 컨설팅 사업을 해 오고 있는 소프트웨어 업체
  - IBM, 오토메이션 애니웨어(Automation Anywhere), 데이터이쿠(Dataiku)등 글로벌 업체와 비즈니스 관계를 맺고 있음
  - KSTEC은 이번 웨비나를 통해 중소, 중견기업 및 대기업에까지 적용할 수 있는 생산 최적화 스케줄링 솔루션 <싱크플랜 APS 라이트>를 소개

- (LS일렉트릭) 청주 공장 : 제조업 혁신 추구
  - 2011년부터 약 4년간 200억 원 이상의 투자를 통해 단계적으로 스마트공장을 구축. ICT와 자동화 기술을 접목해 다품종 대량생산은 물론 맞춤형 · 소량다품종 생산도 가능한 시스템의 변혁을 구현
  - 자동화 시스템 기반 스마트공장, 자재관리부터 조립 포장까지 구현, 생산성 60% 이상 향상
  - APS(Advanced Planning System)가 적용된 유연 생산 시스템으로 운영
  - APS는 주문부터 생산계획, 자재 발주까지 자동 생산관리가 가능한 유연 생산방식으로 생산 라인에 적용되어 조립-검사포장 등 전 공정의 자동화를 구현
  
- (지에스티) 스마트팩토리 지원 다품종소량생산 맞춤형 APS 개발
  - 스마트팩토리 솔루션 전문업체 지에스티는 정밀가공 분야에서 다품종소량생산과 긴급 납기에 대응할 수 있는 간트차트를 이용한 생산계획 고도화 솔루션을 개발
  - 정밀가공산업은 몇몇 양산제품을 제외하고는 대부분 다품종 소량 생산하기 때문에 공정 표준화가 어렵고, 또한 표준화된 제조실행시스템(MES)을 사용하는 기업도 긴급 생산이나 생산내용 변경 등 빈번한 공정 변경 상황에 대응하기 어려운 것이 현실
  - 지에스티는 시각화된 간트차트를 활용해 전체 생산계획과 공정 상황을 한눈에 파악할 수 있는 고도화된 생산계획시스템(APS)을 개발
  
- (대웅제약) 2017년 대웅제약은 고객수요 변화에 가장 신속하게 대응할 수 있는 APS 시스템을 구축하고 본격적인 가동
  - 고객수요의 변화에 유연한 생산계획을 수립할 수 있는 APS 시스템은 원료, 포장재 등의 자원정보와 생산 설비, 생산인력 등 생산에 필요한 모든 정보가 고려되어 자동으로 최적의 생산 일정을 빠르게 수립
  - 대웅제약 관계자는 "APS 시스템 구축은 매출의 증대에 따른 생산대응력 확보와 제품의 생산과 유통 과정을 하나의 통합망으로 관리하는 경영전략시스템을 수행함으로써 최고의 생산경쟁력을 확보할 것으로 기대한다"라고 포부를 밝힘
  
- (신성이앤지) 반도체 클린룸 장비 국산화에 성공한 신성이앤지는 빅데이터 분석 기반으로 한 국내 최초 클린에너지 기반 스마트공장을 구축 중
  - 생산계획시스템(APS)과 연동해 실시간 공장의 전력 사용량을 분석, 시간별 에너지 발전계획을 수립. 생산동력의 40%가량을 태양광 에너지로 충당할 계획

## 다. 국내 연구개발 기관 및 동향

### (1) 연구개발 기관

[ 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술개발 기관 ]

기관	소속	연구 분야
한국생산기술연구원	지능형생산시스템 연구부	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고품질 가공을 위한 로봇 기반 유연가공 생산 시스템 기술 연구</li> <li>• 생산 공정 및 로봇 가공 협업을 위한 스마트 안전 시스템 기술 연구</li> </ul>
울산과학기술원	기계 항공 및 원자력공학부 전기전자컴퓨터공학부 시스템신뢰성 연구실 4차산업혁신연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 클라우드 및 고성능 컴퓨팅</li> <li>• 스마트 컴퓨팅, 스마트 제어 및 인공지능</li> <li>• 제조업 4차 산업혁명 플랫폼 구축</li> <li>• IoT 통신/네트워크 및 스마트 센서 핵심 원천 기술</li> </ul>
한국전자기술연구원	스마트제조연구센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트공장 기기 간 상호호환성, 확장성 지원 기술</li> <li>• 공정·설비 개선 제품 및 서비스 지원 기술</li> <li>• 스마트공장 관련 설비·SW 기술</li> </ul>

## (2) 기관 기술개발 동향

- (지에스티) 다품종 소량의 긴급 납기 대응을 위한 정밀가공 제조 분야의 클라우드 기반 중소제조형 APS 시스템 개발
  - 다품종 소량의 단납기 대응이 가능한 클라우드 기반 APS 서비스 개발
  - ERP 및 MES 연계성 최적화
  - APS 시스템 기능확장 KIP 분석 중심
  
- (연합시스템) 제조 데이터의 수집, 분석을 통해 클라우드에 구축된 빅데이터를 기반으로 AI 알고리즘을 통한 자동생산계획(Advanced Planning and Scheduling) 수립 지원 솔루션 개발 (2020-12-16 ~ 2022-12-15)
  - 공작기계로부터 데이터 추출 및 클라우드 빅데이터 구성
  - 자동생산계획(APS) 중 생산 스케줄 계획 기능 상세 화면설계, DB 스키마 설계 및 개발
  - Machine Learning을 위한 모델 생성 및 검증, 지속적인 정확성 향상 작업
  
- (성균관대학교) 실시간 시스템의 보안성 통합을 위한 실시간 스케줄링 플랫폼 설계: 모델 확장, 최적화 및 검증 (2019-03-01~2021-02-28)
  - 혼합-임계 모델을 지원하는 실시간 시스템의 보안성 분석
  - 혼합-임계 모델에 특화된 보안 솔루션을 위한 실시간 스케줄링 기술 연구
  - 실시간 시스템의 스케줄링 보안 솔루션의 구현 및 최적화 연구
  
- (한국과학기술원) 반도체 제조 공정 장비를 위한 개방형 스케줄링 시스템 기술개발 (2018/11/01 ~ 2021/10/31)
  - 학술연구로 개발된 반복 사이클에 대한 Baseline 규칙과 여기에 챔버 내 이상 발생, 레시피 변경, 시작 및 종료 등에 대한 예외 처리 규칙을 개발, 결합하고 이 예외 처리 규칙을 체계적으로 모델링하여 Baseline 규칙과 합성하고 검증하는 기술을 개발
  - 다양한 장비구조, 운영상황, 운영조건에 대해 충분히 사전 학습하여 새로운 운영조건에 추가 학습 없이 적용할 수 있는 강화학습 기반 스케줄링 규칙 개발 기술을 개발
  - 개발 완료된 스케줄링 규칙을 SCF로 스케줄러에 원격 다운로드, 실행할 수 있는 기술을 개발
  
- (한양대학교) 클라우드 제조를 위한 제조 빅데이터 분석 기반의 스마트 스케줄링 시스템 개발 (2019/09/01 ~ 2023/02/28)
  - 클라우드 제조 플랫폼에 따라 그 특성이 크게 다르다는 점에서, 클라우드 제조 운영방안은 플랫폼의 특성에 따라 수정 및 확장
  - 중소 제조기업이 참여하는 클라우드 제조 플랫폼을 구축하여 맞춤형 제품을 생산하는 데 도움

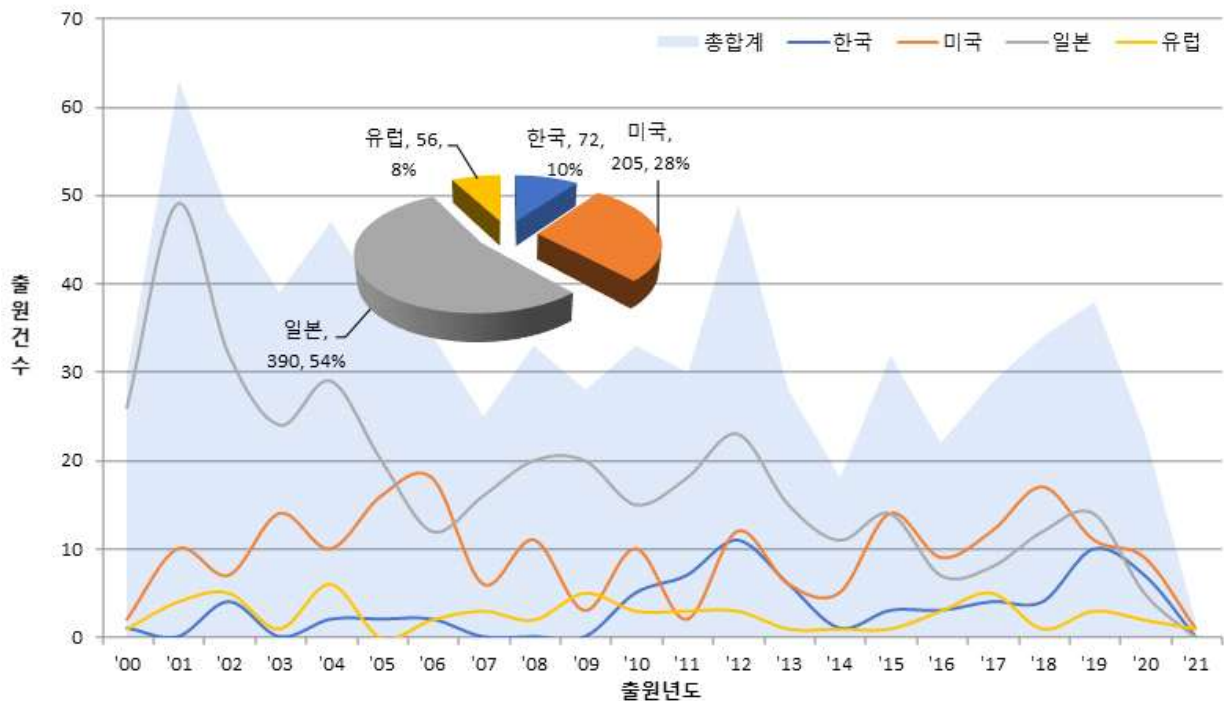
## 4. 특허 동향

### 가. 특허동향 분석

#### (1) 연도별 출원동향

- 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술의 지난 20년(2000년~2019년)간 출원동향<sup>2)</sup>을 살펴보면 2000년대 초반부터 최근까지 특허 출원율의 등락을 반복하고 있으며, 전체적으로는 큰 변화 없이 관련 특허 출원이 지속적으로 이루어지고 있는 것으로 나타남
  - 각 국가별로 살펴보면 일본이 가장 활발한 출원 활동을 보이고 있는 것으로 나타났으며, 미국, 한국 및 유럽도 유사한 추세의 출원 활동이 진행되고 있는 것으로 나타남
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 전체의 54%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 생산 스케줄링 시스템(APS) 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 미국은 28%, 한국은 10%, 유럽은 8% 순으로 나타남

[ 연도별 출원동향 ]

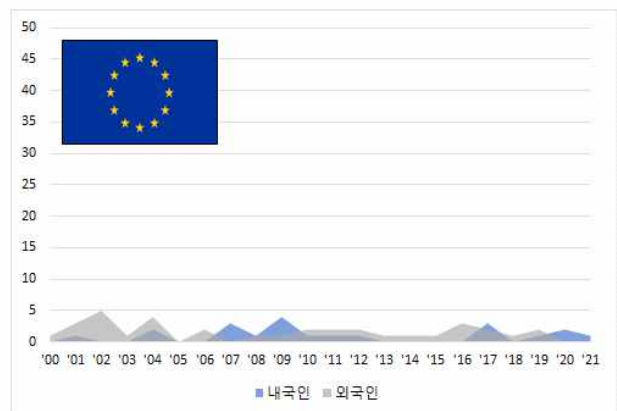
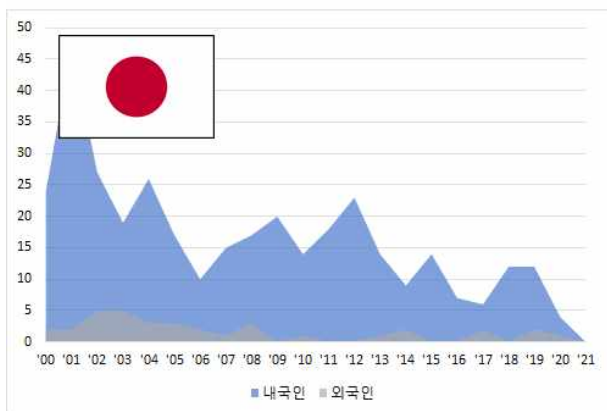
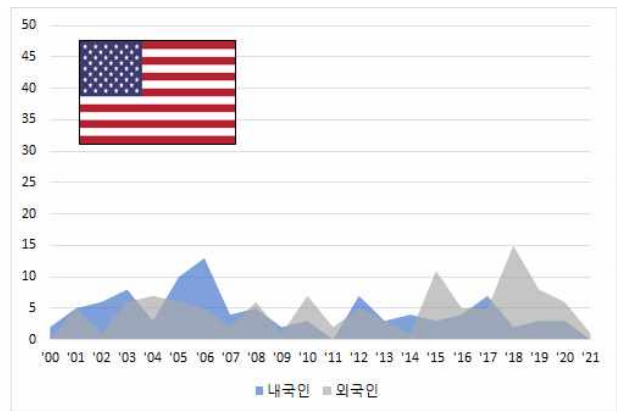
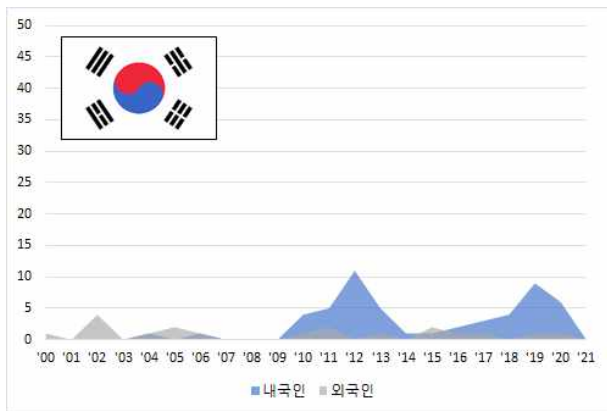


2) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미 공개데이터가 존재하여 2020, 2021년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

## (2) 국가별 내·외국인 출원현황

- 한국의 내외국인 출원현황을 살펴보면, 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술과 관련하여 출원활동이 저조하게 진행된 것으로 나타나 증감의 경향을 판단하기 어려우나, 2000년대에는 내국인의 출원활동이 활발하지 않게 나타났으나, 2010년대 이후에는 내국인의 출원활동이 활발한 것으로 나타나, 해외 기업의 진출 가능성이 낮은 것으로 나타남
- 미국의 경우, 분석 초기에는 외국인의 출원활동이 활발하지 않은 것으로 조사되었으나, 최근에는 외국인에 의한 출원활동 비중이 높아진 것으로 나타나, 해당 기술 분야에서 내수 시장 장악도가 낮은 것으로 나타남
- 일본의 내외국인 출원현황은, 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술을 주도하고 있는 것으로 나타났으며, 2000년대 초반부터 최근까지 내국인의 출원 비중이 높은 것으로 나타나, 자국 국적 출원인의 주도로 기술개발이 진행되고 있는 것으로 분석됨
- 유럽의 경우, 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술과 관련하여 출원활동이 저조하게 진행된 것으로 나타나 증감의 경향을 판단하기 어려우나, 2000년대 초반부터 최근까지 내국인의 출원 비중이 낮은 것으로 나타나, 자국민의 기술개발 활동은 활발하지 않은 것으로 분석됨

[ 국가별 출원현황 ]

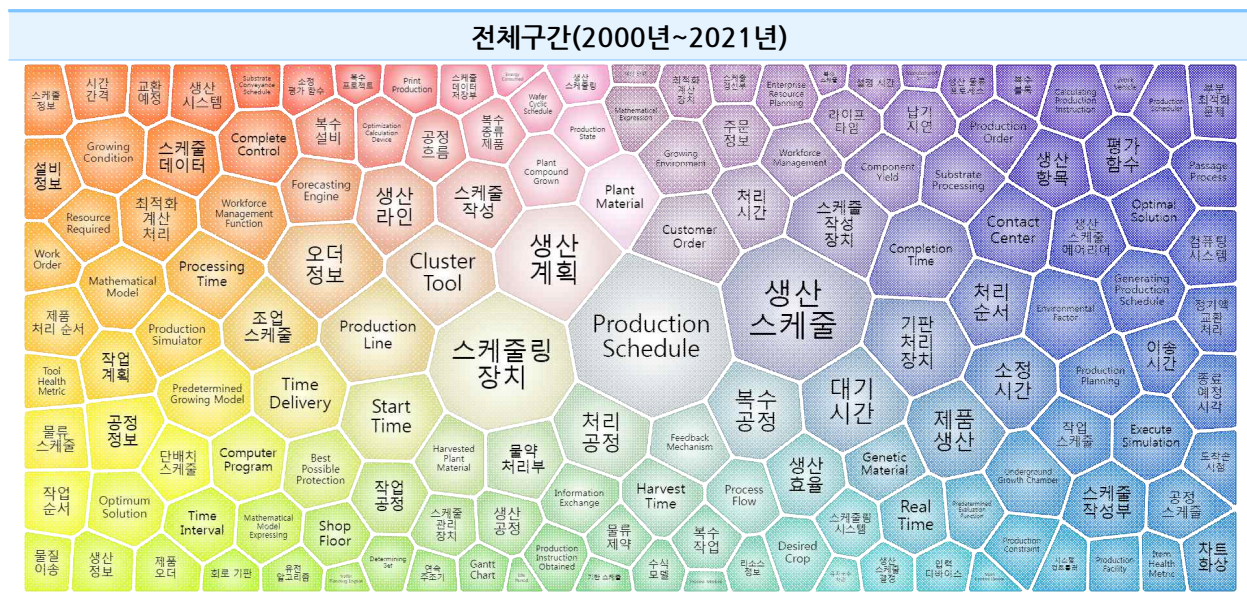


## 나. 주요 기술 키워드 분석

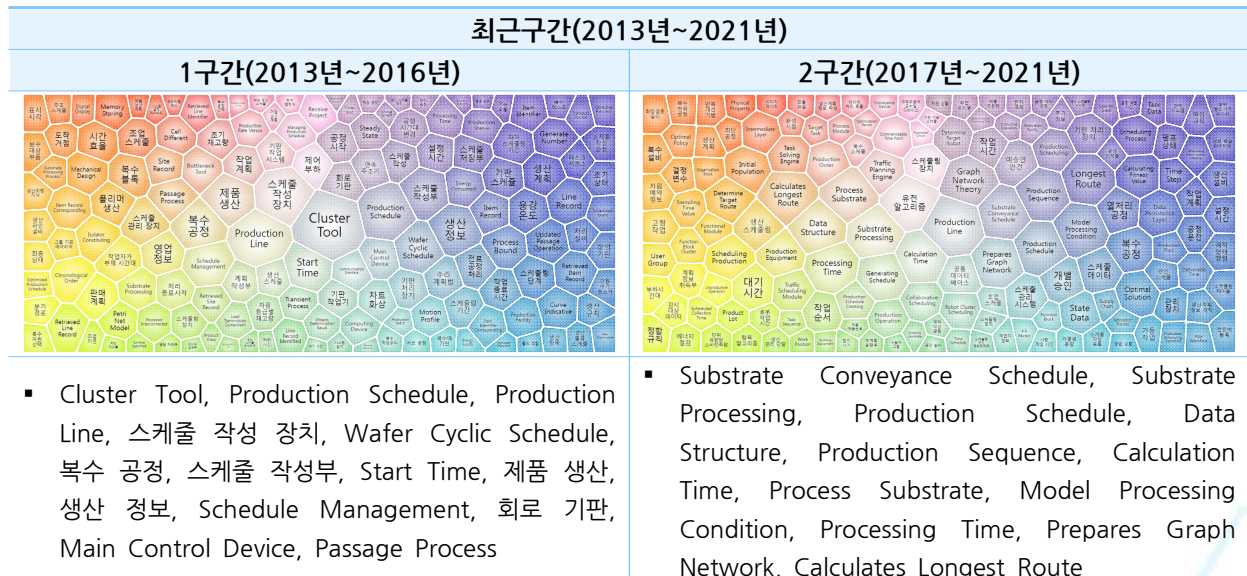
### (1) 기술개발 동향 변화 분석

- 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술에 대한 구간별 기술 키워드 분석을 진행하였으며, 전체 분석구간에서 Production Schedule, 생산 스케줄, 스케줄링 장치, 생산 계획, 대기 시간, Production Line 등 생산 스케줄링 시스템(APS) 관련 기술 키워드들이 다수 도출됨
  - 최근 분석구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간에는 Cluster Tool, Production Schedule, Production Line 등의 키워드가 도출되었으며, 2구간에서는 Substrate Conveyance Schedule, Substrate Processing 등 1구간의 주요키워드와 유사한 키워드가 도출됨

#### [ 특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화 ]



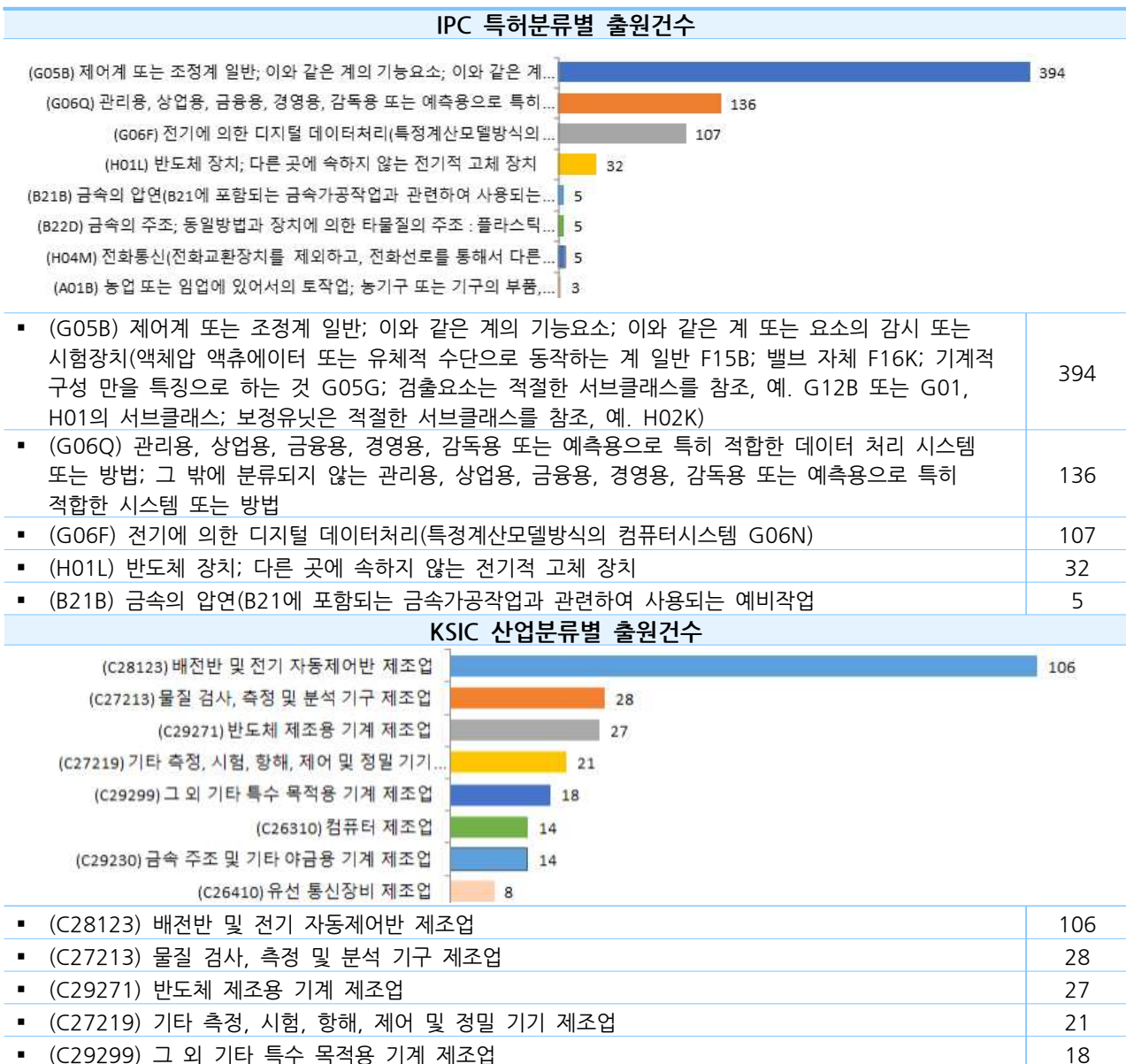
- Production Schedule, 생산 스케줄, 스케줄링 장치, 생산 계획, 대기 시간, Production Line, 스케줄 작성 장치, 처리 공정, Cluster Tool, 기판 처리 장치, Start Time, Customer Order, 복수 공정



(2) 기술-산업 현황 분석<sup>3)</sup>

- 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술에 대한 Subclass 기준 IPC 분류결과, 제어계 또는 조정계 일반; 이와 같은 계의 기능요소; 이와 같은 계 또는 요소의 감시 또는 시험장치(G05B) 및 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 데이터 처리 시스템 또는 방법; 그 밖에 분류되지 않는 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 시스템 또는 방법(G06Q)으로 다수의 특허가 분류되는 것으로 조사됨
- KSIC 산업분류 결과, 다수의 특허가 배전반 및 전기 자동제어반 제조업 산업으로 분류되는 것으로 조사됨

[ 기술-산업 분류 분석 ]

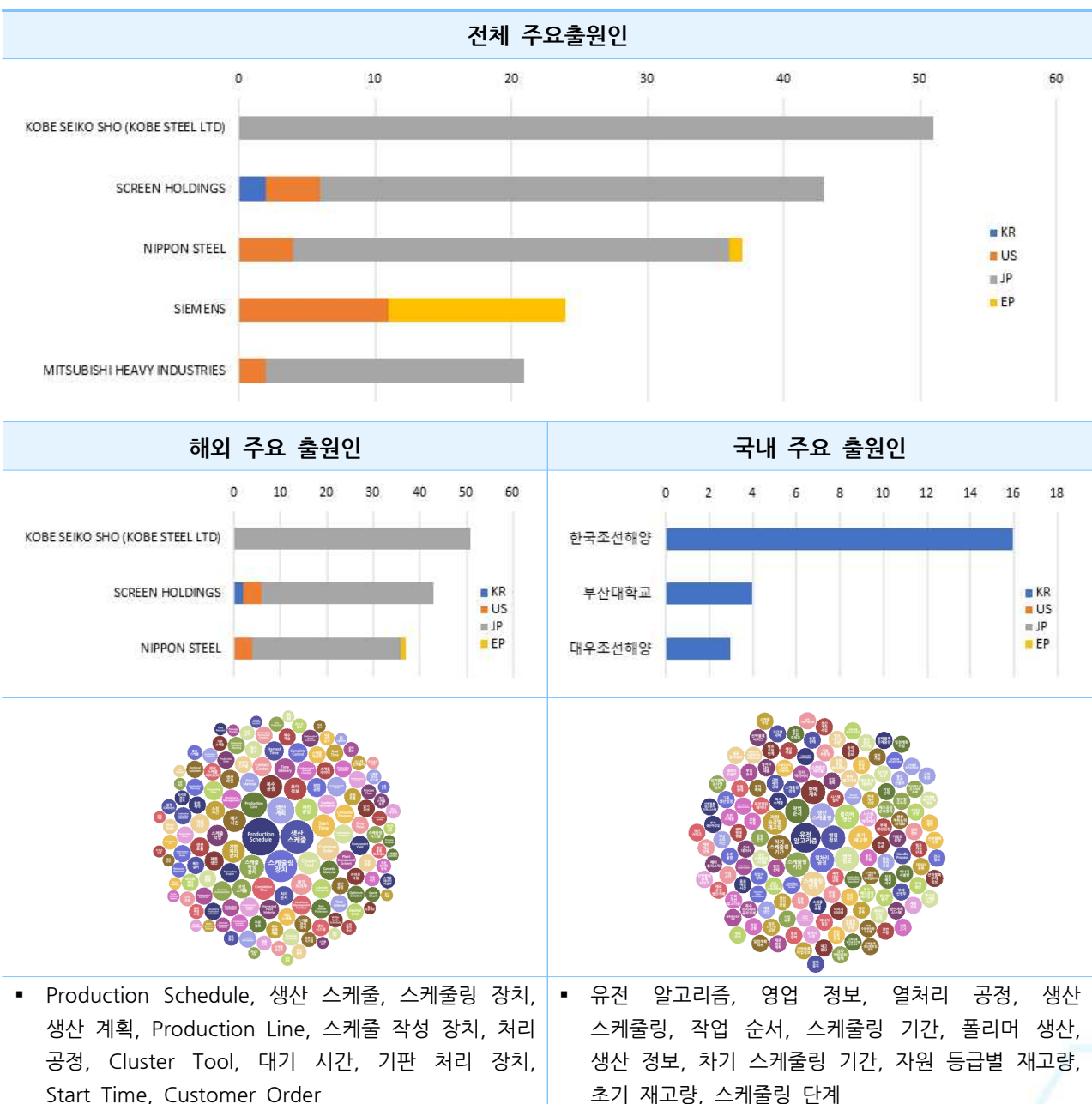


3) 해당제품 특허데이터를 대상으로 웹스 보유 기술·산업·시장 동향 분석 플랫폼 'Build' 활용

### 다. 주요 출원인 분석

- 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술의 전체 주요출원인(Top 5)을 살펴보면, 주로 일본 국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으며, 제 1 출원인으로는 일본의 KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL LTD)인 것으로 나타남
  - KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL LTD)는 일본의 철강 업체이자 건설 장비 제조 업체로, 제강, 용접, 엔지니어링, 에코 솔루션 등의 생산 시스템을 갖춘 기업임
- 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술 관련 국내 주요출원인으로 한국조선해양 및 부산대학교가 도출되었으며, 한국만 출원을 진행한 것으로 나타남

[ 주요출원인 동향 ]



(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석4)

KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL LTD)

- 일본 기업으로, 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술과 관련하여 51건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[ 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
JP 5657189 (2006.11.07)	스케줄 수정 장치 및 스케줄 수정 프로그램, 및 스케줄 수정 방법	생산 공정의 계획 작성에서 복수의 자원으로 할당하는 기술	17	1
JP 4322571 (2003.06.27)	스케줄링 장치 및 스케줄링 프로그램	적절한 생산 스케줄을 효율적으로 생성하는 기술	7	1
JP 5885637 (2012.10.16)	스케줄링 방법 및 스케줄링 프로그램, 및 스케줄링 장치	기존 계획과 비요하여 스케줄의 내용이 크게 바뀌는 것을 방지하는 기술	5	1

SCREEN HOLDINGS

- 일본 기업으로, 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술과 관련하여 43건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[ 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
JP 4073186 (2001.09.20)	기판처리장치의 스케줄 작성 방법 및 그 프로그램	소비재의 사용 예정을 예측해 용량 자원을 사용하여 최대 소비량을 넘지 않게 제어하는 기술	23	3
JP 3758992 (2001.05.16)	기판처리장치의 스케줄 작성 방법 및 그 프로그램	처리를 개시하기 전에 미리 처리 순서에 근거해 기판 처리 스케줄 기술	13	2
JP 3880348 (2001.09.10)	기판처리장치의 스케줄 작성 방법 및 그 프로그램	처리액의 수명에 수반하는 액교환 예정을 우선적으로 배치하는 기술	11	2

4) 최근 출원특허 중, 등록특허를 기준으로 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

□ NIPPON STEEL

- 일본 기업으로, 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술과 관련하여 37건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[ 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
JP 4734024 (2005.05.12)	열간 압연 공장의 가열·압연 스케줄 작성 장치, 작성 방법, 컴퓨터 프로그램, 및 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체	가열로장입·추출 스케줄을 요구해 가열로 연료 비용을 최소화하는 기술	14	1
US 7676293 (2004.12.24)	Production schedule creation device and method, production process control device and method, computer program, and computer-readable recording medium	생산 시뮬레이터를 위한 생산 지시를 계산하는 기술	8	7
US 7865260 (2010.01.08)	Production schedule creation device and method, production process control device and method, computer program, and computer-readable recording medium	생산 시뮬레이터를 위한 생산 지시를 계산하는 기술	1	7

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석<sup>5)</sup>

□ 한국조선해양

- 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술과 관련하여 한국을 위주로 16건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[ 주요특허 리스트 ]

공개번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
KR 2012-0075556 (2010.11.23)	선각 마스터 스케줄 관리 시스템	선각 마스터 스케줄을 관리하기 위하여 단일 호선별로 선각하는 기술	1	1
KR 2021-0045093 (2019.10.16)	선박블록 생산관리 지원시스템	선박 생산주체 의한 블록 생산 계획을 수립하는 기술	0	1
KR 2014-0078228 (2012.12.17)	선박 건조공정의 중일정 액티비티 생성방법	호선 정보들이 기설정된 업무관리 프로그램	0	1

5) 최근 출원특허 중, 등록특허를 기준으로 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

부산대학교

- 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술과 관련하여 한국을 위주로 4건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[ 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
KR 2016270 (2018.12.28)	열간 자유단조 공정의 작업 계획 최적화 시스템 및 방법	가열로에 투입할 원소재 그룹을 최적화 알고리즘을 이용하여 최적화하는 기술	1	2
KR 2263524 (2019.12.10)	반복 개선 기법을 활용한 수치 제어 공작 기계의 작업 스케줄링 최적화 방법 및 장치	반복 개선 알고리즘을 통한 하이브리드 형태로 진행되어 효율적인 스케줄링을 위한 최적화 기술	0	1
KR 1984460 (2019.04.08)	머신러닝 기반 자동 공작기계 작업 스케줄링 방법 및 장치	가장 높은 평가지표를 갖는 스케줄이 선택되도록 선택확률을 설정하는 기술	0	1

대우조선해양

- 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술과 관련하여 한국을 위주로 3건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[ 주요특허 리스트 ]

등록/공개번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
KR 1587467 (2013.10.25)	프로젝트 일정 계획 시스템 및 그 방법	조선업에서 생산계획자가 시스템 설치 및 검사 일정이 고려된 일정 계획을 수립하는 기술	0	1
KR 2005-0082919 (2004.02.20)	선박의 생산 설계 일정과 생산 일정의 연계 방법	생산 설계 일정과 생산의 블록 작업 일정이 연계되어 생산 계획이 반영된 생산 설계 일정을 수립하는 기술	1	1
KR 2021-0047459 (2019.10.22)	선박의 블록제작을 위한 강재입고일정 설정방법	적치 기간을 최소화하여 장기간 적치에 따른 녹발생을 억제하여 강재 품질을 향상시키는 기술	0	1

## 라. 기술진입장벽 분석

### (1) 기술 집중력 분석<sup>6)</sup>

- 생산 스케줄링 시스템(APS) 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn) 분석 결과, 상위 4개 기업의 시장점유율이 21.4로 독과점 정도가 보통 수준으로 분석되어 주요 출원인들 간의 시장 경쟁이 치열하게 이루어지는 경쟁적 시장으로, 규제 당국이 목표로 하는 경쟁 강도의 보통 범위에 속하는 것으로 분석됨
- 국내 시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 50.0으로 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술에서 중소기업의 점유율은 높은 것으로 분석되고, 국내 시장에서 중소기업의 진입장벽은 높지 않은 것으로 판단됨

[ 주요출원인 및 한국 중소기업 집중력 분석 ]

주요 출원인 집중력	주요출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL LTD)(일본)	51	7.1%	7.1	1
	SCREEN HOLDINGS(일본)	43	5.9%	13.0	2
	NIPPON STEEL(일본)	37	5.1%	18.1	3
	SIEMENS(독일)	24	3.3%	21.4	4
	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES(일본)	21	2.9%	24.3	5
	HITACHI(일본)	19	2.6%	27.0	6
	MITSUBISHI ELECTRIC(일본)	17	2.4%	29.3	7
	INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES(미국)	16	2.2%	31.5	8
	한국조선해양(한국)	16	2.2%	33.7	9
	TOSHIBA(일본)	14	1.9%	35.7	10
	전체	723	100%	CR4=21.4	
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	36	50.0%	50.0	중소기업
	대기업	8	11.1%		
	연구기관/대학	9	12.5%		
	기타(외국인)	19	26.4%		
전체	72	100%	CR중소기업=50.0		

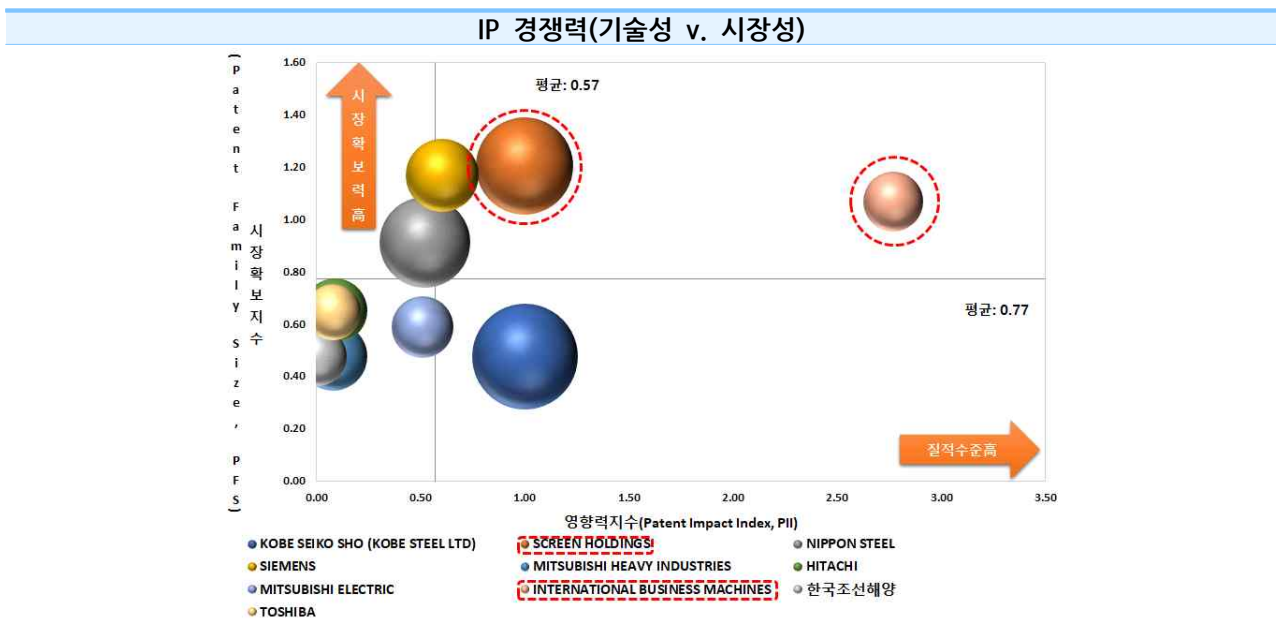
6) 상위 몇 개 기업의 특허점유율을 합한 것으로, 특허동향조사에서는 통상 CR4를 사용하며, CRn값이 0에 가까울수록 시장 독과점 수준이 낮은 것을 의미하고, CR4 값이 40에서 60일 경우(CR1 지수는 50 이상일 경우, CR2 또는 CR3 지수는 75 이상일 경우) 시장의 독과점 수준이 높은 것으로 해석됨

CRn(집중률지수, Concentration Ratio n) = (1위 출원인의 특허점유율) + ... + (n위 출원인의 특허점유율)

(2) IP 경쟁력 분석

- 생산 스케줄링 시스템(APS) 기술의 주요출원인들의 IP 경쟁력 분석결과, INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES의 기술영향력이 가장 높고 SCREEN HOLDINGS의 시장확보력이 가장 높은 것으로 분석됨
  - INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES : 영향력지수(PII) 2.77 / 시장확보력(PFS) 1.07
  - SCREEN HOLDINGS : 영향력지수(PII) 0.54 / 시장확보력(PFS) 1.20
- 1사분면으로 도출된 SIEMENS, INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES의 특허가 시장확보력 및 질적 수준이 높은 특허로, 기술적 파급력과 상업적 가치가 큰 것으로 해석됨

[ 주요출원인 IP 경쟁력 분석 ]



INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (US 9703285) Fair share scheduling for mixed clusters with multiple resources</li> <li>▪ (US 7197469) Method for allocating limited component supply and capacity to optimize production scheduling</li> <li>▪ (US 7398525) Resource scheduling in workflow management systems</li> </ul>
SCREEN HOLDINGS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (JP 4073186) 기판처리장치의 스케줄 작성 방법 및 그 프로그램</li> </ul>

- \* 영향력지수(Patent Impact Index, PII): 다른 경쟁주체의 기술수준이 고려된 특정한 주체의 '상대적인' 기술적 중요도 또는 혁신성과의 가치 정보가 포함된 기술수준으로, 특허의 피인용 횟수를 특정 기술분야 내에서의 상대적인 값으로 전환시킨 지수임
- \* 시장확보지수(Patent Family Size, PFS): 특정 주체가 특정 기술분야에서 소수의 특정 국가에서만 시장확보를 하고자 하는지 아니면 다수의 세계 주요 국가들에서 시장확보를 하고자 하는지에 대한 분석으로, PFS가 높은 특허는 그만큼 상업적 가치가 큰 기술에 대한 특허인 것으로 해석될 수 있으며, PFS가 높은 출원인은 세계 여러 국가에서 사업을 하고 있는 출원인인 것으로 해석될 수 있음(2020 공공 R&D 특허기술동향조사 가이드라인, 한국특허전략개발원)
- \* 버블크기 : 출원 특허 건 수 비례

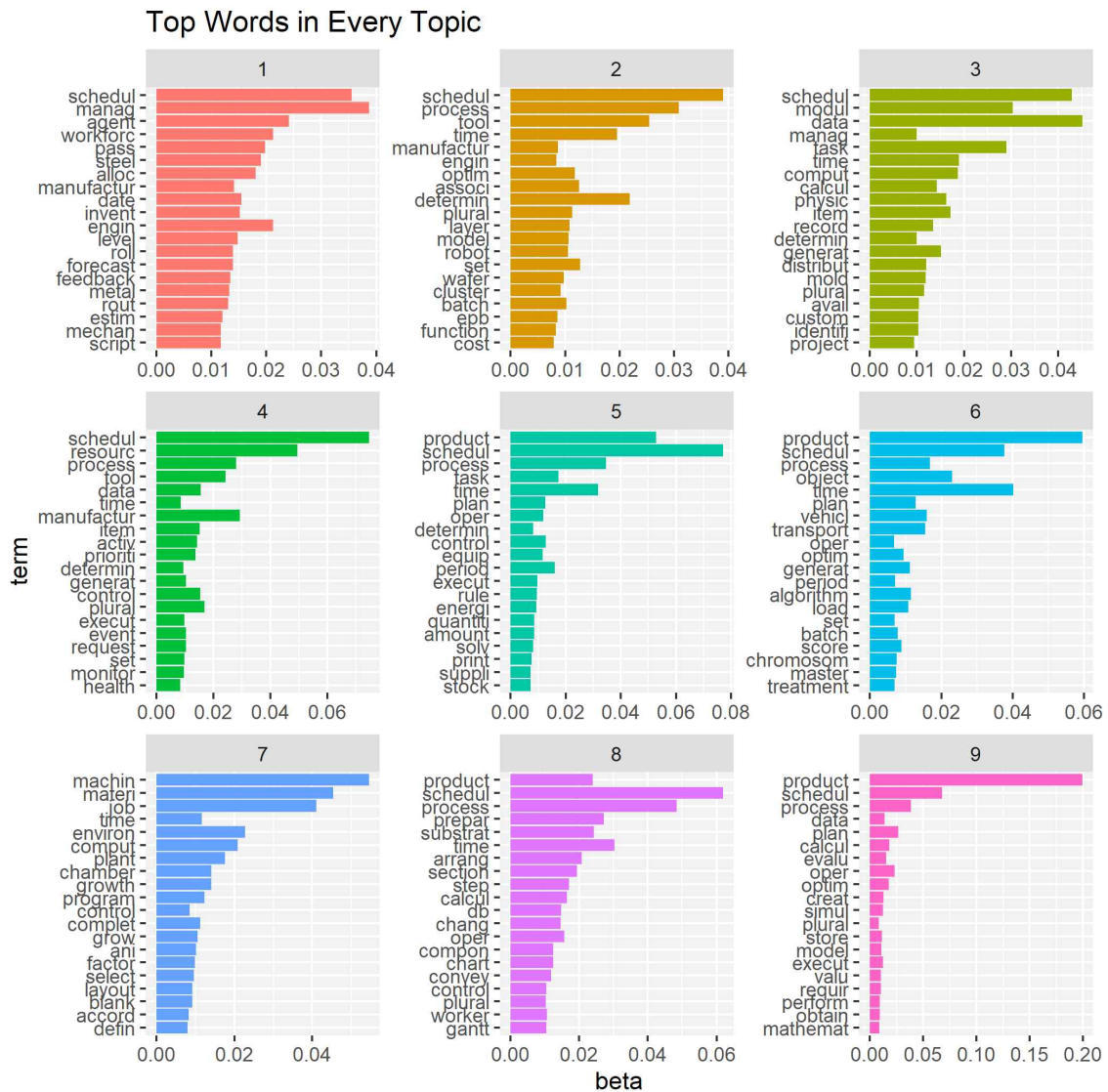
7) PFS = 특정 주체의 평균 패밀리 국가 수 / 전체 평균 패밀리 국가 수  
 PII = 특정 주체 보유특허의 피인용도[CPP] / 전체 유효특허의 피인용도

## 5. 요소기술 도출

### 가. 특허 기반 토픽 도출

- 723개의 특허의 내용을 분석하여 구성 성분이 유사한 것끼리 클러스터링을 시도하여 대표성이 있는 토픽을 도출

[ 생산 스케줄링 시스템(APS)에 대한 토픽 클러스터링 결과 ]



## 나. LDA<sup>8)</sup> 클러스터링 기반 요소기술 도출

[ LDA · 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출 ]

No.	상위 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	schedule, process, product, oper, execute, prepare, control, condition, steel, manage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allocation schedule creation method of molten steel ladle and allocation schedule creation device</li> <li>Control device for working schedule</li> </ul>	수요 맞춤형 공장운영 최적화 기술
클러스터 02	schedule, item, tool, process, manufacture, plural, determine, optimize, machine, time	<ul style="list-style-type: none"> <li>Multi-item and multiple stage process dynamic lot size scheduling method accompanied by production frame</li> <li>Flexible job-shop scheduling method based on limited stable matching strategy</li> </ul>	APS와 다양한 제조시스템/장비 간 인터페이스 지원 기술
클러스터 03	product, schedule, plan, calculate, produce, component, solve, quantities, date, plural	<ul style="list-style-type: none"> <li>Production schedule creation method and its system</li> <li>Device and method for forming schedule and layout plan</li> </ul>	AI활용 생산데이터 분석 및 최적화 기술
클러스터 04	resource, schedule, module, time, task, liquid, data, manage, treatment, avail	<ul style="list-style-type: none"> <li>System and method for integrated resource scheduling, task allocation and agent work management</li> <li>Methods for schedule optimization sorting of dry end orders on a corrugator to minimize short order recovery time</li> </ul>	스마트 제조솔루션과 빅데이터 플랫폼의 연동 기술
클러스터 05	process, time, schedule, change, task, lot, start, substrate, plural, calculate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schedule creation device and schedule creation method</li> <li>Schedule management apparatus, method and program</li> </ul>	DP(Demand Planning), SP(Supply Planning), PP(Production Planning)의 활용기술
클러스터 06	product, schedule, distribute, model, optimize, simulate, physic, plant, process, calculate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Production/physical distribution scheduling method, device and program</li> </ul>	납기 예측 시뮬레이션 기술
클러스터 07	process, set, schedule, object, control, load, resource, select, block, function	<ul style="list-style-type: none"> <li>A method and a system for online and dynamic schedule configuration of control applications in a distributed control system</li> </ul>	예측모델 자율생성 인공지능 기술
클러스터 08	schedule, machine, time, allocate, step, program, compute, oper, select, solve	<ul style="list-style-type: none"> <li>Setting method and setting device for pass schedule for manufacturing cold rolled metal strip, and cold rolled metal strip</li> <li>System, method and control apparatus for scheduled operation of machine tools</li> </ul>	유연생산을 위한 동적 스케줄링 기술
클러스터 09	schedule, data, manufacture, product, time, value, process, job, resource, evaluate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Information processing system for scheduling procurement of raw material from a plurality of companies</li> <li>System for controlling regeneration medical product manufacturing schedule</li> </ul>	제조환경 데이터 실시간 처리 및 하드웨어 기반의 동기화 기술

8) Latent Dirichlet Allocation

### 다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 생산 스케줄링 시스템(APS) 관련 특허에서 총 10개의 주요 IPC코드(메인그룹)를 산출하였으며, 각 그룹의 정의를 기반으로 요소기술 키워드를 아래와 같이 도출

[ IPC 분류체계에 기반한 요소기술 도출 ]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(B21B) 금속의 압연(B21에 포함되는 금속가공작업과 관련하여 사용되는 예비작업	• (B21B-037) 금속압연기에 특히 적용되는 제어장치 제어방법 또는 그들 장치로 생산되는 제품	-
(G05B) 제어계 또는 조정계 일반; 이와 같은 계의 기능요소; 이와 같은 계 또는 요소의 감시 또는 시험장치	• (G05B-019) 프로그램제어계	-
(G06F) 전기에 의한 디지털 데이터처리	• (G06F-009) 프로그램제어를 위한 장치, 예. 제어장치	-
	• (G06F-003) 컴퓨터로 처리할 수 있는 형식으로 전송된 데이터를 변환하는 입력기구; 처리장치로부터 출력장치로 데이터를 전송하기 위한 출력기구, 예. 인터페이스 기구	-
	• (G06F-017) 디지털 컴퓨팅 또는 데이터 프로세싱 장비, 방법으로서 특정 기능을 위해 특히 적합한 형태의 것	-
	• (G06F-019) 특수한 어플리케이션에 특히 적합한 디지털 컴퓨팅 또는 데이터 처리 장치 또는 방법	-
(G06Q) 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 데이터 처리 시스템 또는 방법; 그 밖에 분류되지 않는 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 시스템 또는 방법	• (G06Q-010) 경영; 관리	DP(Demand Planning), SP(Supply Planning), PP(Production Planning)의 활용기술
	• (G06Q-050) 특정 사업 부문에 특히 적합한 시스템 또는 방법, 예. 공익사업 또는 관광	-
(H01L) 반도체 장치; 다른 곳에 속하지 않는 전기적 고체 장치	• (H01L-021) 반도체 장치 또는 고체 장치 또는 그러한 부품의 제조 또는 처리에 특별히 적용되는 방법 또는 장비	-
(H04M) 전화통신	• (H04M-003) 자동 또는 반자동 교환기	-

## 라. 최종 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처 로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

### [ 생산스케줄링시스템(APS) 분야 요소기술 도출 ]

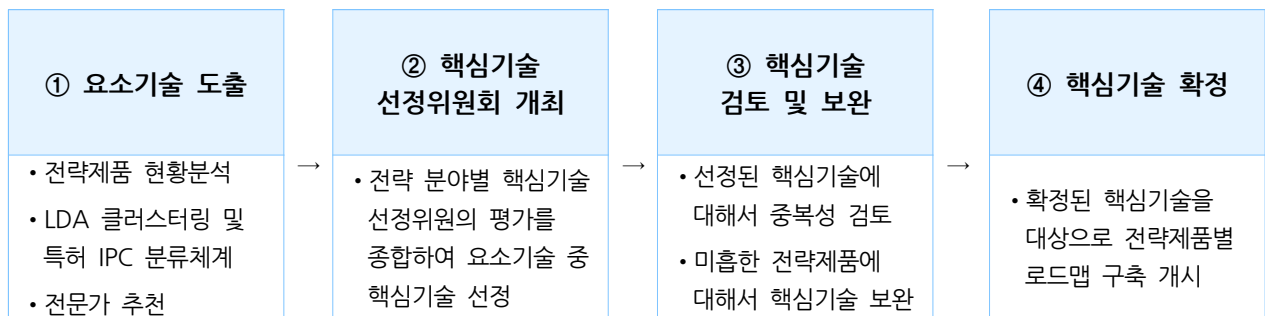
요소기술	출처
APS와 다양한 제조시스템/장비 간 인터페이스 지원 기술	특허 클러스터링, 전문가 추천
스마트 제조솔루션과 빅데이터 플랫폼의 연동 기술	특허 클러스터링, 전문가 추천
예측모델 자율생성 인공지능 기술	특허 클러스터링, 전문가 추천
제조환경 데이터 실시간 처리 및 하드웨어 기반의 동기화 기술	특허 클러스터링, 전문가 추천
AI활용 생산데이터 분석 및 최적화 기술	특허 클러스터링, 전문가 추천
유연생산을 위한 동적 스케줄링 기술	특허 클러스터링, 전문가 추천
납기 예측 시뮬레이션 기술	특허 클러스터링, 전문가 추천
DP(Demand Planning), SP(Supply Planning), PP(Production Planning)의 활용기술	특허 클러스터링, IPC 기술체계, 전문가 추천
수요 맞춤형 공장운영 최적화 기술	특허 클러스터링, 전문가 추천

## 6. 전략제품 기술로드맵

### 가. 핵심기술 선정 절차

- 특허 분석을 통한 요소기술과 기술 수요와 각종 문헌을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 핵심기술 선정위원회의 평가 과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정
- 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성
  - 장기로드맵 전략제품의 경우, 기술개발 파급성 지표를 중장기 기술개발 파급성으로 대체

#### [ 핵심기술 선정 프로세스 ]



### 나. 핵심기술 리스트

#### [ 생산스케줄링시스템(APS) 분야 핵심기술 ]

핵심기술	개요
유연생산을 위한 동적 스케줄링 기술	• 공장의 실시간 상태에 따른 최적 생산계획 도출을 지원하는 유동우선순위 생산스케줄링 기술 • 생산관리에 유연성을 더할 수 있도록 실시간 데이터와 상호작용하여 스케줄을 조정할 수 있는 기술
AI활용 생산데이터 분석 및 최적화 기술	• AI 기술을 활용하여 실시간 데이터 분석을 통한 인사이트를 도출/분석/활용하는 기술 • 딥러닝 기술 등을 활용하여 데이터를 분석하고 최적의 데이터를 시뮬레이션하는 기술 • 비정형 데이터의 수집 및 패턴인식을 통한 의미있는 정보 분석기술
납기 예측 시뮬레이션 기술	• AI 기반의 예측정보를 이용하여 사전 예방적 납기/물류 운영을 수행하는 기술 • 제조 빅데이터 분석을 통하여, 향후 발생 가능한 이슈사항을 예측하여 자동으로 납기 우선순위를 조정하는 기술 • 상황 예측을 위한 학습모델 생성 및 이에 기반한 예측 기술
APS와 다양한 제조시스템/장비 간 인터페이스 지원 기술	• ERP, MES, PLM 등 스마트제조 어플리케이션간에 호환성을 보장하고 인터페이스를 원활하게 하는 표준과 연동 기술 • 제조현장에서 사용되고 있는 운영시스템과 빅데이터 플랫폼, 설비 간의 연동을 통한 데이터 분석 및 활용 기술

## 다. 중소기업 기술개발 전략

- MES의 조기 구축 및 효율적인 생산계획 수립을 위한 중·소 제조기업용 통합스케줄링 기법 개발
- 전문기술 및 인력 부재, 정보화 기술이 미흡한 중·소 제조 현장에 적합한 데이터관리체계 구축
- 산·학 및 중·소·대기업 간의 연계를 통한 시스템 개발 및 적용에 대한 비용 부담 최소화

## 라. 기술개발 로드맵

### (1) 중기 기술개발 로드맵

[ 생산스케줄링시스템(APS) 기술개발 로드맵 ]

생산스케줄링시스템(APS)	최적 스케줄링 시스템 구축을 통한 신속한 의사결정 지원체계 확립			
	2022년	2023년	2024년	최종 목표
유연생산을 위한 동적 스케줄링 기술				<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다품종 제품 개발 지원 동적 생산 스케줄링 기술 개발</li> </ul>
AI활용 생산데이터 분석 및 최적화 기술				<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 기반 데이터 분류/매칭 기술개발</li> <li>• 다속성 데이터의 분석 및 평가기술개발</li> <li>• AI를 위한 데이터 최적화</li> </ul>
납기 예측 시뮬레이션 기술				<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예측 정확도 95% 이상</li> <li>• 납기 예측 최적 시뮬레이션 개발</li> </ul>
APS와 다양한 제조시스템/장비 간 인터페이스 지원 기술				<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산·학·연의 협력을 통한 통합 거버넌스 구축</li> <li>• 이종 설비 제어시스템 간 연결 기술</li> <li>• 3개 시스템과의 연동시스템</li> </ul>

(2) 기술개발 목표

- 최종 중소기업 기술로드맵은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

[ 생산스케줄링시스템(APS) 핵심요소기술 연구목표 ]

핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
		1차년도	2차년도	3차년도		
유연생산을 위한 동적 스케줄링 기술	동적 생산 스케줄링 시스템	제품 특징별 생산 정보 학습 기술 개발	공정/작업자/설비간 상태 정보 분석을 통한 예측 알고리즘 개발	실시간 상태 정보에 따른 유연생산 지원 동적 스케줄링	다품종 제품 개발 지원 동적 생산 스케줄링 기술 개발	상용화
시활용 생산데이터 분석 및 최적화 기술	데이터 매칭률 (%)	90% 이상	95% 이상	98% 이상	AI 기반 데이터 분류/매칭 기술 개발	상용화
	공정 적합율	90% 이상	95% 이상	99% 이상	다속성 데이터의 분석 및 평가기술 개발	산학연
	수집데이터의 표준화	데이터 표준화 기술 완성	비정형 데이터 정의 완료	시를 위한 수집 데이터 표준화 완료	시를 위한 데이터 최적화	산학연
납기 예측 시뮬레이션 기술	예측 모델 AI 알고리즘 기술	규칙 기반 예측	실시간 예측 및 대응	예측 모델 적용을 통한 AI 알고리즘 기술 개발	예측 정확도 95% 이상	상용화
	일정 학습모델 및 예측 시스템	상황 데이터 수집 및 DB 구축	상황 예측 모델 생성 알고리즘 개발	실시간 상황 예측 프레임워크 완성	납기 예측 최적 시뮬레이션 개발	산학연
APS와 다양한 제조시스템/장비간 인터페이스 지원 기술	제조 데이터 통합체계 구축 기술	오픈 기반 개방형 제조 시스템 구축	실시간 운영 데이터 연계 생산·납기 통합 운영 기술	실시간 운영 데이터 연계 및 제조·서비스 운영 통합 기술	산·학·연의 협력을 통한 통합 거버넌스 구축	산학연
	연결성공률 (%)	95% 이상	98% 이상	100%	이종 설비 제어시스템 간 연결 기술	산학연
	ERP, MES, PLM과의 연동 기술	IoT 기술 구축	표준 프로토콜 기술 개발	3개 시스템과의 연동	3개 시스템과의 연동시스템	상용화