

자동차부품 제조업의 MES 시스템 활용도를 높이기 위한 분산형 MRP 구현에 관한 연구

남 은 재* · 김 광 수*

*한국교통대학교 산업경영공학과

A Study on the Implementation of Distributed MRP to Increase the Utilization of the MES System in the Automobile Parts Manufacturing Industry

Eun-Jae Nam* · Kwang-Soo Kim*

*Department of Industrial Engineering, Korea National University of Transportation

Abstract

Production management in the automobile parts industry is carried out according to the production plan of the customer, so it is important to prevent shortages in product supply. As the product composition became increasingly complex, the MES System was built for the purpose of efficient production plan management and inventory management, but its utilization is low. This study analyzed the problems of the MES system and sought to improve it. Through previous studies, it was confirmed that the inventory management of the pull approach that actually occurred in the warehouse is more suitable than the push approach based on the forecast of the warehouse for the volatility, complexity, and uncertainty of orders in the auto parts industry. To realize this, we tried distributed MRP by using the ADO function of VBA to link the standard information of the MES system with Excel and change the structure of the BOM table. Through this, it can help increase the accuracy of production planning and realize efficient inventory management, thereby increasing the utilization of the MES system in the auto parts industry and enhancing the competitiveness of the company.

Keywords : ES(Manufacturing Execution System), BOM(Bill of Materials), MRP, ADO

1. 서론

자동차부품산업은 일반적으로 단조, 프레스, 가공, 조립 등의 공정을 거쳐 엔진, 변속기 등 자동차를 구성하는 2만여 개의 부품을 제조하는 종합 기계산업으로, 완성차 대비 규모는 작지만 자동차 산업 전체의 기술 경쟁력을 좌우하고 있다. 특히, 자동차부품산업은 중소기업뿐만 아니라 타 산업에 미치는 영향이 상대적으로 크고, 대기업을 중심으로 공급사슬 구조가 형성되어 있어 완제품을 생산하는 모기업과 부품을 공급하는 부품업체 간의 공급사슬 협력 활

동이 상호 호혜적인 관계를 형성할 때 비로소 경쟁력을 강화될 수 있다[13]. 기업 간의 협력적 파트너십의 중요성은 코로나19 팬데믹의 영향으로 국내업체는 물론 세계화된 공급망의 유연성을 요구하는 단계로 확대되었다.

자동차부품산업의 주요 특징 중 하나로 재료비의 비중이 70~80%로 타 산업에 비해 높은 편이다. 기업 간의 물류 흐름 및 자재수급이 중요하고 고객사의 수주에 대한 납기관리가 생명인 산업이라 할 수 있다. 부품 제조기업은 고객사(완성차업체)의 생산계획에 따라 수주, 생산, 자재발주 등의 업무가 진행된다. 특히 고객사의 생산계획에 따라 완성부품(assembly)이나 자재부품 재고를 고려하여

†Corresponding Author : Kwang-Soo Kim, Department of Industrial & Management Engineering, Korea National University of Transportation, 50, Daehak-ro, Daesowon-myeon, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, Republic of Korea, E-mail: kskim@ut.ac.kr
Received May 20, 2022; Revision June 13, 2022; Accepted June 13, 2022

자재 소요관리, 납품일과 생산 소요 일수를 고려한 자재 발주 등의 전반적인 생산업무 프로세스가 완성차의 제품 공급에 대한 결품 예방 활동에 집중되어 있다[11].

이처럼 결품 예방 활동의 목적으로 정보화 추진에 심혈을 기울이고 있으나 자금이나 인력적인 측면에서 여건이 좋지 않다. 정부 지원사업을 통해 전사적 자원관리(Enterprise Resource Planning, ERP)시스템이나 공급망관리(supply chain management, SCM)시스템을 도입하였더라도 활용수준이 높지 않다. 시스템 활용의 어려움 중 대표적인 것으로 BOM(Bill Of Material) 정보관리를 꼽을 수 있고 이를 개선하기 위해 BOM 활용을 돕기 위한 시스템 구축에 관한 연구[5]가 진행되었으나 기존 BOM 관리의 자동화 시스템 제안으로 근본적 개선을 위해서는 BOM의 구성 변경을 통해 생산소요량과 실사 재고를 고려한 정확한 자재 소요계획의 구현이 필요하다.

본 연구에서는 자동차부품 제조기업의 가장 중요한 과제인 안정적인 제품공급을 위해 MES System 활용의 문제점을 분석하고 그에 따른 BOM 테이블 구조 변경, 소요량 산출 Process 변경, ADO(ActiveX Data Objects)를 활용한 기준정보 관리를 통하여 분산형 MRP를 구현하였다. 이를 기업의 주요품목 5개에 적용한 결과 개선 전 총생산시간 평균 대비 개선 후 62% 감소하는 효과를 확인하였다. 이를 전체에 확대 적용할 경우 효과는 품목별로 소폭의 차이가 예상되나 완성차에 안정적인 제품공급을 수행을 위한 생산계획 일정 수립에 큰 효과가 있을 것으로 기대 된다.

2. 이론적 배경

중소기업 정보화의 발전과정은 '1970년대의 MRP I와 '80년대의 MRP II를 거쳐 90년대 초 전사적 자원관리인 ERP System의 등장으로 볼 수 있다. ERP System은 1980년대 소품종 대량생산에서 다품종 소량 생산체제의 변화로 생산활동에 필요한 모든 자원의 효율적 관리의 필요성이 대두됨에 따라서 등장한 시스템이다. 대량생산의 체제에서 개별적으로 수행되었던 자재 발주, 생산, 출고, 재무관리 기능을 통합하여 생산활동에 필요한 모든 자원을 효율적인 방법으로 관리할 필요성에 기인한 것이다[6].

MRP의 목표는 정확한 요구 수량과 보충 수량을 시간차감하여 재고수준을 떨어뜨리는 것으로 BOM 전개를 통한 종속수요를 계산하는 능력은 엄청난 혁신으로 받아들여졌으나 변동성 대응에 실패함으로 결국 체적 효과의 주범이 되었다[8]. 변동성 대응은 시스템 운영의 유연함과도 연결되는 것으로 이전에는 전문가의 수준에서 처리가

가능했던 데이터 가공처리의 고급기능을 누구나 쉽게 구현할 수 있도록 연구와 지원이 이어진다면 중소기업 정보화의 발전에 가속화로 이어질 것이 예상된다.

2.1 MES(Manufacturing Execution System)

MES는 1990초 미국의 매사추세츠주 보스턴시에 소재한 컨설팅회사 AMR에 의해 최초로 소개되었으며, 제조업의 시스템 계층구조를 계획-실행-제어의 3개 층으로 구분하여 그 가운데 실행의 기능을 MES로 정의하였다. MES는 많은 제조업체에서 적용하여 운영되고 있는 ERP, MRP II 시스템 그리고 제어시스템 간의 다리 역할을 하며 실시간으로 생산계획에 따른 진행현황을 파악하게 하고 계획된 작업의 수행 여부, 품질관리 정보를 제공하므로 객관적인 성과정보를 관리할 수 있는 시스템[16]으로 자동차, 전자, 반도체, 철강산업 등 제조업 부문에 폭넓게 사용되고 있다.

기업의 경영전략 아래에 통합화하는 전략적인 정보시스템인 CIM(Computer Integrated Manufacturing, 컴퓨터 통합 생산시스템) 범위 중 생산부문을 MES(Manufacturing Execution System)라 통칭한다. MES는 고객의 주문관리부터 제품의 출하까지의 전체 업무 프로세스에 대해 최적화된 정보를 제공하는 시스템으로 공정현황 모니터링, 설비제어 모니터링, 품질정보 추적관리, 생산실적 정보관리, 창고관리, 재고관리 등 제조현장에서 생성되는 모든 정보에 대한 통합관리[14]로 다양한 고객의 요구에 신속하게 대응하고 생산성 향상을 도모하려는 목적으로 활용되고 있다.

2.2 BOM(Bill of Materials)

BOM은 부품, 조립품, 원자재로 구성되는 제품구조로 정의된다. 또한, 제품을 구성하는 각 구성품에 대한 구매, 발주 및 생산지시의 시점을 결정하는 기준생산계획(Master Production Scheduling) 및 자재소요계획(Material Requirement Planning)의 중요한 기준정보가 된다. 따라서 BOM을 효율적으로 관리하는 것은 제조업의 생산성 향상에 매우 중요하다[10].

BOM은 단순히 제품의 자재 구성표로 인식되기도 하지만, 자동차 산업과 같이 협업 환경에서는 제품의 전 수명주기에 걸친 기준데이터로 정의할 수 있다. BOM은 설계, 생산 등에 관련된 기준정보를 관리하고 있으며 생산 현장에서 필요한 생산 및 공정관리 등과의 연관성을 고려할 때 매우 중요하다[2]. BOM은 산업군별로 최종 제품의 구성정보를 표현하는 방식에 따라 피라미드형, 버섯형, 모래시계형으로 구분된다[9].

2.3 MRP(Material Requirements Planning)

자재소요량계획(MRP; Material Requirements Planning)은 생산 운영관리기법의 하나로 산업구조의 시대별 흐름에 따라 다양한 연구가 진행되고 있다. 전통적인 MRP 시스템은 수주 오더에 대한 BOM 전개로 통합적 소요계획을 생성하고 구매발주 및 생산계획을 수립한다. 이와 같은 진행은 다양한 변동사항에 대한 피드백으로 많은 시간과 조정을 필요로 한다. 반면에 분산형 MRP는 생산능력을 고려하여 실행 가능한 생산계획을 기준으로 MRP가 수행되고 BOM 구성의 특성에 따라 MRP를 분산처리하여 다양한 환경변화에 즉각적인 대응을 할 수 있다[4].

DDMRP(demand driven MRP)는 전통방식의 MRP 시스템에서 발생하는 정보와 자재 흐름을 방해하는 다양한 변동의 문제 해결을 위해 제안되었다. 이는 MRP의 종속성을 유지하면서 제품 구조상의 가시성과 리드 타임을 단축하고, MRP의 변동성을 감소시킨다[8]. 또한, 수요기반 자재소요량 계획(DDMRP)은 기존의 PPC(생산계획 및 관리 시스템)의 대안으로 수요중심 시스템과 분리되어 전략적 재고 포지셔닝의 결과로 구현된다[1].

최근 다변화의 환경에서는 완제품을 기준으로 자재소요량을 산출하는 기존의 방식보다 공정별로 현재고를 반영한 자재소요량산출이 더 바람직하다. 더구나 자동차 부품산업에서 수주의 변동성, 복잡성, 불확실성 등으로 창고의 예측에 의한 공급방식(Push approach)보다 창고에서 실제 발생한 수요보충 방식(Pull approach)의 재고관리가 적합하다[7]. 이에 본 연구에서는 수요보충 방식의 재고관리를 위해 사용자 기반의 시스템 구축으로 분산형 MRP를 구현하고자 한다.

3. 분산형 MRP 구현 방법 설계

3.1 분산형 MRP 구현을 위한 개선 방향

자동차부품 제조업에서 생산계획 담당자와 현장관리자에 대한 정보지원은 없어서는 안 될 중요한 기능으로 다품종 소량생산, 설비의 증설, 신제품의 개발 등 모든 내적, 외적인 급격한 환경변화에 신속히 대응할 수 있는 MES의 구축은 필수적이다. 그런데도 MES 시스템을 도입한 기업에서는 공통적으로 BOM 정보 활용에 대한 어려움을 겪고 있어 이를 개선하기 위한 연구가 활발히 진행되었다.

생산계획 수립 단계에서 병목 공정으로 인한 납기 지연을 감소시키기 위해 BOM 구조 변경을 통한 병목 공정을

개선하고자 하는 연구[6]가 그중 하나이다. 이는 MES System 개발단계에서 사용자 중심의 충분한 확인과 검증의 중요성을 강조한 조사이며 이미 MES System 구축이 완료된 기업에서는 적용이 어렵다.

MES System 개발 이후 시스템의 활성화를 위해 BOM 정보관리의 문제점 해결 방안으로 Modular BOM과 Generic BOM의 개념을 EXCEL 스프레드시트에 표현하는 연구가 진행되었으나 시스템상의 BOM 정보를 Excel을 통하여 관리하는 방법[5]으로 분산형 MRP로의 변환을 위해서는 기존의 MES 시스템의 기준정보를 활용할 수 있는 도구 개발과 함께 기준정보의 데이터 가공 기술이 동시에 지원되어야 한다. MES의 자재소요계획(Material requirements planning, MRP) 모듈을 이용하여 제품의 중단기 생산 일정을 수립하고 단계별 하위부품에 대한 단기 생산 일정을 생성하는 과정에서의 문제점은 다음과 같다.

첫째, BOM(bills of material:자재명세서)의 구성이 복잡할 경우 단계별 생산 일정 수립으로 인해 지나치게 리드 타임이 길어지는 경향이 있다.

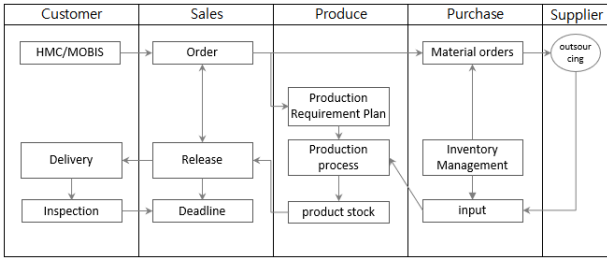
둘째, BOM의 구성 단계(Level)가 시스템 개발 시점보다 많아지는 경우 추가단계의 품목 등록이 어렵다. 이럴 때 일부 품목을 제외한 상태로 사용하게 되면서 품목이 누락되거나 부수적으로 처리할 업무가 많아지는 부작용이 발생 된다.

이와 같은 문제점을 개선하기 위해 ADO를 활용하여 MES System의 기준정보를 Excel과 연동하고 데이터 가공과정을 통해 BOM의 테이블 구성을 변경함으로써 통합형 MRP에서 분산형 MRP로의 변환을 제안하고자 한다.

3.2 MRP Process의 문제점

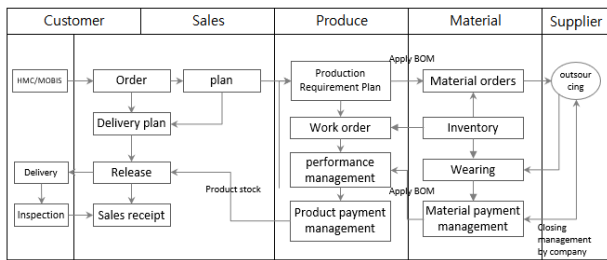
재고와 생산능력을 고려한 계획관리를 위해 MRP I에서 확장된 MRP2는 수주 접수 후 1단계로 영업 판매계획을 수립하고 그 결과를 바탕으로 2단계 생산 소요계획 수립, 3단계 자재 발주계획 순서로 진행된다. 자동차부품제조기업은 고객사로부터 1주에서 2주 단위로 수주계획을 접수하기 때문에 보다 신속한 생산계획수립과 공정별 재고 확보가 필요하다.

MES 시스템의 Process는 완제품을 기준으로 단계적 생산계획이 수립되나 기업에서는 고객사의 수주에 대한 납품기일을 기준으로 부서별로 판매, 생산, 자재 발주계획을 동시에 수립하기 때문에 시스템의 활용이 어렵다. 또한, 통합형 MRP의 경우 전체 레벨에 대하여 자재 소요계획을 수립함으로써 생산 리드 타임이 지나치게 길어져 생산자원의 효율적인 사용이 어렵다[12].



Source: Mun Tae Su, Kim Sung Su(2005). System Implementation: Implementation of the Precision One Planning System for Production-Production-Production-Practice of National Enterprises. Korea Association of Information Systems, Quotation from page 392

[Figure 1] MRP I Process

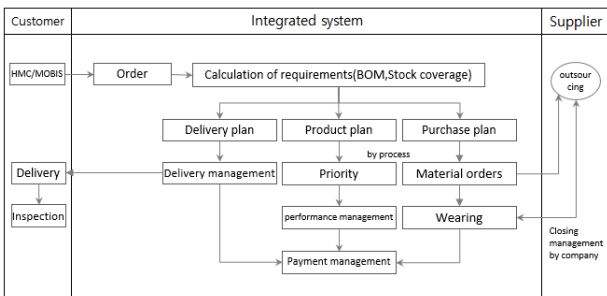


Source: Mun Tae Su, Kim Sung Su(2005). System Implementation: Implementation of the Precision One Planning System for Production-Production-Production-Practice of National Enterprises. Korea Association of Information Systems, Quotation from page 393

[Figure 2] MRP II Process

3.3 개선된 MRP Process

[Figure 3]은 MES System의 소요량 산출 Process의 개선으로 고객사로부터 생산판매계획 접수 후 재구성된 BOM 정보를 기준으로 현 재고량을 고려하여 납품, 생산, 자재구매에 대한 소요량 산출 Process이다. 완성품 코드로부터 단계별로 진행되는 소요량 산출 과정을 통합시킴으로써 고객사 수주 접수와 함께 납품계획, 생산계획, 구매계획을 신속히 처리할 수 있다.



[Figure 3] Improved MRP Process

3.4 ADO를 활용한 MES System 기준정보 관리

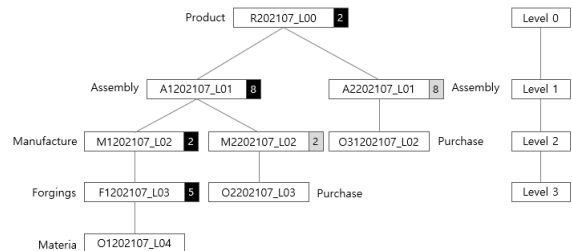
분산형 MRP의 구현을 위해 MES System의 BOM 정보가 필요하나 시스템의 기준정보 활용이 어려우므로 일반적으로 별도의 엑셀 파일을 활용하게 된다. Excel은 강력한 계산기능과 데이터베이스 기능을 포함하고 있지만, 개인별로 관리한다는 이유로 정보 파일의 버전 관리가 어렵다. 이처럼 기존시스템의 개선 없이 MES System의 BOM 정보를 실시간으로 활용하는 것은 어려우므로 본 연구에서는 Excel ADO 기능을 활용하여 MES System의 BOM 정보를 실시간으로 활용하는 방법을 사용하였다.

ADO(Active Data Object)는 데이터베이스 원본에 쉽게 접근하는 것을 돕기 위해 마이크로소프트가 표준으로 제작한 컴포넌트 오브젝트 모델 객체들의 모임이며, 프로그래밍 인터페이스(API)다. ADO는 프로그래밍 언어와 OLD DB 간의 계층을 제공함으로써 개발자가 데이터베이스의 사용 방법을 모르더라도 데이터에 접근할 수 있는 프로그램 제작을 도와준다. 연결을 위한 데이터베이스에 대한 정보를 알고 있다면 ADO의 연결 객체(Connection Object), 레코드 셋 객체(Recordset Object), 명령 객체(Command Object) 등을 통해 데이터베이스의 정보를 활용할 수 있다[15].

기존의 MES System의 BOM 레벨 수준은 시스템 개발 단계에서 결정되며 관리 폭이 클수록 작업이 번거로워 최소의 범위로 결정하는 경우가 대부분이다. 하지만 품질관리 요구수준이 높아지면서 점차 전체 공정에 대한 관리가 필요함에도 초기 설정된 레벨 수준을 수정하기가 어려워 차선책으로 중점관리 공정을 선정하여 전체적인 BOM 정보를 변경하기도 한다.

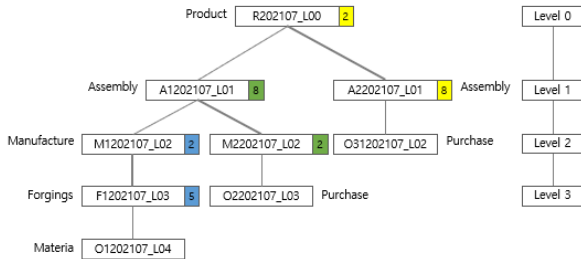
이처럼 일부 품목을 제외한 상태로 BOM 구성을 관리하게 되면 품목이 빠지거나 부수적으로 처리할 업무가 많아지는 부작용이 발생할 수 있어 테이블 구조 변경을 통해 BOM 레벨 수준의 문제를 개선할 수 있다.

[Figure 4]의 공정별 네모박스의 숫자는 리드 타임이다. 기존의 MES 시스템 형식인 통합형 MRP의 경우 완성품 R202107_L00을 생산하기 위한 누적 리드 타임은 총 17일(2+8+2+5)이다.



[Figure 4] Production lead time for integrated MRP

[Figure 5]와 같이 분리된 MRP는 3개의 품목에 대해 분리된 리드 타임(decoupled lead time)으로 발생 된다. R202107_L00(10일, 노란색), A1202107_L01(10일, 연두색), M1202107_L02(7일, 파란색)로 통합형 MRP 보다 리드 타임이 41% 정도 감소되었다. 더구나 작업이 복잡해지고 품질에 대한 요구사항이 많아지면서 공정별로 독립적으로 운영되기 때문에 현장 적용에 더욱 적합하다.

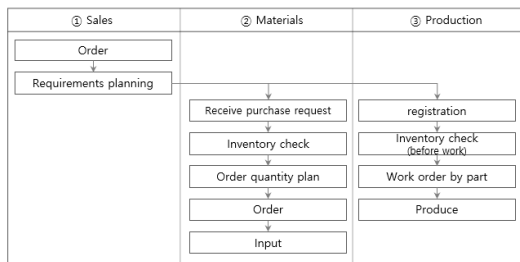


[Figure 5] Production Lead Time for Distributed MRP

4. 사례연구

4.1 A사의 생산 일정 수립 절차

A 사는 완성차 기업의 장기 판매계획에 따라 연간 사업 계획을 구상하고 월간, 주간별로 고객사의 판매계획 및 생산계획의 변동내용을 고려하여 주간 생산 일정을 수립한다. [Figure 6]은 A 사의 Order 접수부터 구매 입고, 생산까지의 업무 프로세스 진행절차이다.



[Figure 6] Company A's business processes

- ① 영업팀은 고객사로부터 수주 접수 후 구매팀, 생산팀에 판매계획을 전달한다.
- ② 구매팀은 사내 재공품 재고 및 외주업체의 재고 현황을 파악한 후 발주 수량을 산정한다.
- ③ 생산팀은 생산 현장에 판매계획을 배포하고 시업 전 현재의 재고 현황을 파악 후 현장관리자를 통해 조별로 작업지시를 전달한다.

이와 같은 업무 프로세스는 MES System을 통한 계획

관리의 구현이 어려우므로 일반적으로 실적정보수집의 용도로 MES 시스템이 활용되고 있다. 따라서 계획관리 및 예측분석을 통해 고객의 다양한 요구사항에 빠르게 대처하겠다는 MES System 도입 초기의 목표를 달성하기 위해서는 분산형 MRP로의 변환이 적합하다.

4.2 BOM 테이블 구조 변경

[Figure 7]은 BOM의 테이블 구조로 품목별로 하위품목을 연결하고 4단계의 레벨 단계, 소요량 정보를 알 수 있다. 완성차로부터의 수주정보는 완성품목에 대한 수량으로 레벨 0단계의 품목에 해당한다. 레벨 0단계의 품목에 대한 하위품목인 1단계의 소요량을 산출하고, 결과에 대해 1단계의 하위품목인 2단계의 소요량 산출하는 방식으로 진행된다. 이와 같은 과정은 완성차의 생산계획에 따라 공정별 생산계획, 자재 발주계획에 동시에 진행되는 기업의 업무절차와 불일치로 시스템을 활용도가 낮아지는 결과가 된다.

NO	Parent_Item	Item	Name	Level0	Level1	Level2	Level3	Level4	Qty	Type
1	GM406A3500	GM406A3500	TL(TELE/MSC/L)	0					1	TL MSC/L
2	GM406A3500	BL000M0001_1	TL LEVER SUB ASSY		1				1	TL MSC/L
3	BL000M0001_1	GL771A2700	TL LEVER			2			1	TL MSC/L
4	BL000M0001_1	GL911A1100	TL ADJUST BOLT			2			1	TL MSC/L
5	BL000M0001_1	GL777A2800	TL TILT CAM			2			1	TL MSC/L
6	GM406A3500	GL92112200	GMV NEEDLE THRUST BEARING		1				1	TL MSC/L
7	GM406A3500	GL951A1800	TL SPRING ASSY		1				1	TL MSC/L
8	GM406A3500	GL671A1200	TL MOVABLE GEAR		1				1	TL MSC/L
9	GM406A3500	GL689A1900	TL BUSH(MOVABLE GEAR)		1				1	TL MSC/L
10	GM406A3500	G2451A1200	TL LEAF SPRING		1				1	TL MSC/L
11	GM406A3500	GL689A2200	TL CENTER BUSH		1				1	TL MSC/L
12	GM406A3500	G2233A1100	TL SELF LOCK NUT		1				1	TL MSC/L
13	GM406A3500	G2471A1100	TL WIRE SPRING		1				1	TL MSC/L
14	GM406A3500	GM416A1300	HOUSING COVER ASSY		1				1	TL MSC/L
15	GM406A3500	BL000M0001	TL MOUNTING BRACKET ASSY		1				1	TL MSC/L
16	BL000M0001	GM746A2500	TL TEARING PLATE			2			2	TL MSC/L
17	BL000M0001	GL350A1100	TL BLOCK			2			2	TL MSC/L

[Figure 7] BOM information before change

이와 같은 문제점을 개선하기 위해 [Figure 8]과 같이 BOM 구성을 완성차의 수주품목을 최상위 제품번호로 정하고 전 품목에 최상위 제품번호를 연결한 구조로 변경하였다. 또한, 각 레벨에 대한 정보도 단계별 위치정보만 입력하면 되도록 변경하여 MES System 구축 시 정해 놓은 레벨 범위를 벗어나 등록할 수 없었던 부분까지 관리할 수 있다.

No	Assembly	Parent_Item	Item	Name	Level	Qty	Type
1	GM406A3500	GM406A3500	GM406A3500	TL(TELE/MSC/L/지자)		1	TL MSC/L
2	GM406A3500	GM406A3500	BL000M0001_1	TL LEVER SUB ASSY	1	1	TL MSC/L
3	GM406A3500	BL000M0001_1	GL771A2700	TL LEVER	2	1	TL MSC/L
4	GM406A3500	BL000M0001_1	GL911A1100	TL ADJUST BOLT	2	1	TL MSC/L
5	GM406A3500	BL000M0001_1	GL777A2800	TL TILT CAM	2	1	TL MSC/L
6	GM406A3500	GM406A3500	GL92112200	GMV NEEDLE THRUST BEARING	1	1	TL MSC/L
7	GM406A3500	GM406A3500	GL951A1800	TL SPRING ASSY	1	1	TL MSC/L
8	GM406A3500	GM406A3500	GL671A1200	TL MOVABLE GEAR	1	1	TL MSC/L
9	GM406A3500	GM406A3500	GL689A1900	TL BUSH(MOVABLE GEAR)	1	1	TL MSC/L
10	GM406A3500	GM406A3500	G2451A1200	TL LEAF SPRING	1	1	TL MSC/L
11	GM406A3500	GM406A3500	GL689A2200	TL CENTER BUSH	1	1	TL MSC/L
12	GM406A3500	GM406A3500	G2233A1100	TL SELF LOCK NUT	1	1	TL MSC/L
13	GM406A3500	GM406A3500	G2471A1100	TL WIRE SPRING	1	1	TL MSC/L
14	GM406A3500	GM406A3500	GM416A1300	HOUSING COVER ASSY	1	1	TL MSC/L
15	GM406A3500	GM406A3500	BL000M0001	TL MOUNTING BRACKET ASSY (클록, 리프트)	1	1	TL MSC/L
16	GM406A3500	BL000M0001	GM746A2500	TL TEARING PLATE	2	2	TL MSC/L
17	GM406A3500	BL000M0001	GL350A1100	TL BLOCK	2	2	TL MSC/L

[Figure 8] BOM information after change

기존 MES System의 BOM 테이블 구성을 변경하는 작업을 직접 수행할 경우 실수에 의한 오류나 작업에 많은 시간이 소요될 수 있다. 본 연구에서는 기존의 BOM 정보를 Excel의 Power Query에서 외부 데이터베이스 불러오기 및 열 피벗 해제 기능을 활용하여 빠르고 정확하게 원하는 형태로 변환하였다.

4.3 변경 전·후 소요량 산출결과 비교

[Figure 9]의 결과와 같이 BOM 구성의 변경 전, 변경 후의 산출결과가 같음을 확인하고 변경 후의 통합형 BOM 구성을 통해 완성차의 수주품목에 대하여 현재고를 고려한 생산계획 수량, 자재 발주 수량을 동시에 처리할 수 있음을 확인하였다.

Item	Before	After	Result	Item	Before	After	Result
GM408A1350	3,121	3,121	-	GA96103600	-	-	-
BL000M0001_1	26,244	26,244	-	GL699A2000	12,126	12,126	-
GL921A2200	6,119	6,119	-	BL000M0002	35,537	35,537	-
GL951A1800	-	-	-	GL723A4200	-	-	-
GL671A1200	3,401	3,401	-	GL714A8700	-	-	-
GL689A1900	7,988	7,988	-	GL789A3200	4,889	4,889	-
GZ451A1200	9,413	9,413	-	GL799A3000	7,165	7,165	-
GL689A2200	4,432	4,432	-	GM795A1400	-	-	-
GZ331A1100	-	-	-	GM951A1500	-	-	-
GZ471A1100	124	124	-	GM951A1600	-	-	-
GM416A1300	-	-	-	GZ311X1900	-	-	-
BL000M0001	26,575	26,575	-	GI90102800	-	-	-
BL000J0001	7,307	7,307	-	GL674A1300	8,808	8,808	-
GL771A2700	15,211	15,211	-	GL792A1100	19,913	19,913	-
GL911A1100	21,251	21,251	-	BL000M0003	30,229	30,229	-
GL771A2800	15,670	15,670	-	GL743A1500	26,194	26,194	-
GM746A2500	53,357	53,357	-	GL794A1901	21,816	21,816	-
GL350A1100	-	-	-	GL794A1800	38,100	38,100	-
GI90102800	-	-	-	SUM	200,213	200,213	0

[Figure 9] Requirement calculation results before and after BOM change

5. 연구결과

5.1 실험 표본 및 가설 설정

본 연구의 목적은 BOM 구조 변경과 분산형 MRP 구현이 총누적리드타임에 감소효과가 있을 것이라는 가설을 설정하고 이를 검증하기 위해 개선 전과 개선후의 총누적리드타임에 대한 변화를 분석하였다. 이를 위해 대상기업의 대표품목 5개를 선정 후 BOM기준 구성품목을 조사한 결과 183건을 확인하였다. 이 중 현재고 기준으로 생산이 필요한 품목 123건을 선정하고 레벨 단위별 최대 생산소요시간을 조사하여 41건을 최종으로 선정하였다. 검증방법은 R-Studio 소프트웨어를 활용하여 T-검정을 시행하였다.

H0. BOM 정보 개선을 통한 분산형 MRP 적용 후 총누적리드타임이 적용 전의 평균과 같다($H_0 = \mu = \mu_0$).

H1. BOM 정보 개선을 통한 분산형 MRP 적용 후 총누적리드타임이 적용 전보다 감소하였다($H_1 = \mu < \mu_0$).

5.2 가설검증

BOM 구조 변경을 통한 분산형 MRP 구현의 효과 검증을 위하여 대응표본 t 검정을 시행하였다. <Table 1>은 분산형 MRP를 적용한 전과 후를 비교한 표본 데이터의 검증 결과로 t = 4.7647 유의수준 P value 0.000으로 통계적으로 유의하다고 할 수 있다.

<Table 1> Summary of t-test result

	N.	Mean	S·D	t(p)
Before	41	302.2	205.9	4.7647(0.00)
After	41	207.8	98.4	

6. 결론

본 연구는 자동차부품 제조업의 경쟁력을 강화하기 위해 도입된 MES 시스템의 활용도를 높이기 위한 것으로 기업의 실제 사례를 통해 진행되었다. 기존의 MES 시스템은 통합형 MRP로 생산 일정 수립 시 리드타임이 지나치게 길어지는 경향이 있다. 또한, MES 시스템의 BOM 구조는 품목의 구성이 복잡해질 경우 정보등록이 어려워 일부 구간을 생략하게 된다. 생산 담당자는 작업지시를 위해 엑셀로 BOM을 관리하고 일정 수립을 시도하나 수작업에 의한 정보 오류 및 엑셀 파일 버전 관리의 어려움 등으로 실행단계에서는 현장관리자의 경험에 의존하게 되므로 MES 시스템 본연의 의도인 체계적 계획관리가 어렵다.

이와 같은 문제점을 개선하기 위해 ADO를 활용하여 MES System의 BOM 기준정보를 자동으로 엑셀과 연동시키고 현재고를 고려한 분산형 MRP를 구현했다. 실제로 기업의 주력제품 5개를 선정하여 시범 적용한 결과 평균 31.23% 감소하였다. 단 시범 적용에 외주공정은 제외되었으며 점차 전 품목으로 확대하고 협력업체에도 교육을 통해 전파하기로 하였다. 본 연구에서는 시스템 개선에 대한 기업의 부담을 줄이기 위해 최대한 기존시스템을 그대로 유지하도록 하고 직원교육을 통해 기업 자체적으로 지속적인 관리가 이루어질 수 있도록 하였다.

코로나19 팬더믹으로 자동차산업 글로벌 가치사슬의 취약성이 드러나면서 자동차산업은 현재 큰 변화를 겪고 있다. 생산방식의 변화에 대해 EY (2019)는 비용 또는 효율성 위주의 JIT(Just-In-Time, 적기생산) 방식에서 JIC(Just-In-Case, 비상대비) 방식으로 바뀌면서 중복소싱으로 공급의 위험성을 최소화하는 쪽으로 전략적 중점이 이동할 것으로 보임에 따라 비상시에 대처할 세계화된 공급망의 유연성이 강하게 요구되고 있다고 정의했다.[3]

재인용).

향후에는 본 연구에서 진행된 분산형 MRP를 활용하여 납품 일자를 고려한 공정별 작업 우선순위 결정지원에 관한 연구와 시뮬레이션을 통한 효과 검증을 진행하고자 한다. 또한, 기존의 생산실적 위주의 시스템 활용에서 확대하여 MES 시스템 및 IOT 센서를 활용하여 수집된 작업 현장의 빅데이터를 통해 작업환경개선연구를 진행하고자 한다. 이를 통해 노동의 인간화와 연결되는 작업장을 만들고 자동차산업의 구조변화와 세계화로 인한 공급망의 유연성 강화를 기대한다.

7. References

- [1] B. Bahu, L. Bironneau, V. Hovelaque(2019), "Comprehension du DDMRP et de son adoption: Premiers elements empiriques." *Logistique & Management*, 27(1):20 - 32.
- [2] J. Clement, A. Coldrick, J. Sari(1992), *Manufacturing data structures; Building foundations for excellence with bills of materials and.* John Wiley & Sons, Inc. Oliver Wight Publications.
- [3] S. J. Hwang, M. H. Lee, H. I. Hwang(2020), *Structural Tasks for the automobile industry: A general book of the parts industry.* Research Book, pp. 1-227.
- [4] D. M. Jang, M. S. Shin(2020), "Development of distributed MRP system for production planning and operation in Korean OEM/ODM cosmetics manufacturing company." *Korean Society of Industrial and Systems Engineering*, 43(4):133 - 141.
- [5] G. S. Jang, J. D. Kim, C. K. Park(2005), "Implementation of EXCEL-based BOM management system for automobile part's companies." *Korean Society of Industrial and Systems Engineering*, 28(4):28 - 40.
- [6] K. D. Kim, J. H. Choi, D. Y. Kim(2002), "Application of ERP and MES in case of automobile manufacturing company." *Journal of Industrial Kangwon Natl. Korea*, 22(B):51 - 60.
- [7] C. J. Lee(2020), "A safety stock model for demand-driven inventory replenishment." Doctoral dissertation, University of Ajou.
- [8] K. B. Lee(2017), "The problems of industry 4.0 and MRP." *Korean Institute of Industrial Engineers*, 2017(4):2253 - 2270.
- [9] S. W. Lee, J. K. Lee(2010), "Design BOM, production BOM, and process BOM structure suitable for the automotive parts industry." *The Korean Society of Automotive Engineers*, 2010(5):1078-1082.
- [10] H. Mather(1987), *Bills of materials.* Dow Jones-Irwin.
- [11] T. S. Mun, S. S. Kim(2005), *System implementation: Implementation of the precision one planning system for production-production-production-practice of national enterprises.* Korea Association of Information Systems, pp. 389 - 397.
- [12] H. B. Na(2014), "Multi-level job scheduling in a flexible discrete-part production environment." Doctoral dissertation, University of Seoul.
- [13] J. W. Park, J. G. Gil(2021), "An empirical study on the effects of partnership factors in the supply chain of the automobile parts industry on SCM performance: Through partnership behavior factors." *Journal of the Korean Business Association*, 34(5):775-806.
- [14] Naver Knowledge Encyclopedia, <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1179740&cid=40942&categoryId=31912>
- [15] Wikipedia, <https://ko.wikipedia.org/wiki/ADO>
- [16] Naver Knowledge Encyclopedia, <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=2274732&cid=42171&categoryId=51120>

저자 소개



남 은 재

중앙대학교 글로벌인적자원개발대학원에서 석사 취득.

현재 한국교통대학교 산업경영공학과 대학원 재학 중.

관심분야 : 인적자원개발, 생산관리, 빅데이터 분야



김 광 수

한국교통대학교 산업경영 안전 공학부에 재직 중.

대한 안전경영과학회 이사와 한국품질경영학회 부회장을 역임.

관심분야 : 품질경영, HRD 분야