

시뮬레이션을 이용한 수산가공기업의 제조데이터 수집 및 분석 시스템

이진흥^o

^o다운정보통신(주)

e-mail: jhlee@daun.co.kr^o

Collection and Analysis System of Manufacturing Data using Simulation

Lee Jin-Heung^o

^oDaun Information & Communication Co.

● 요약 ●

본 논문에서는 시뮬레이션을 이용하여 대부분의 공정이 수작업으로 이루어지고 있는 수산가공 공장의 생산성 향상을 위한 제조데이터 활용 시스템을 제안한다. 제안된 내용은 플랜트 시뮬레이션을 이용하여 생산공정 모델링을 제작하고, 이로부터 가상의 제조데이터를 수집하여 생산량, 작업공정 시간 등 최적화된 공정 프로세스를 도출한다. 또한 제조데이터 수집 및 분석을 위하여 공장 내 수기로 작성되는 제조데이터를 정형화하여 제조데이터 플랫폼에 저장하고, 저장된 데이터의 시각화, 실시간 모니터링 등 데이터 시각화 및 시뮬레이션과 연동된 공정 프로세스 예측 등에 활용 가능할 것으로 기대된다.

키워드: 스마트공장(Smart Factory), 시뮬레이션(Simulation), 제조데이터(Manufacturing Data)

I. Introduction

최근 빅데이터, 인공지능, 사물인터넷 등이 융합하여 제조 현장의 스마트화가 급속도로 빠르게 진행되고 있다. 특히 모든 것이 연결되고, 보다 지능적인 시스템 구축을 위하여 디지털과 아날로그의 융합으로 고객 맞춤형 유연 생산체계를 갖춘 초연결 제조공장으로 발전되고 있다. 오늘날의 스마트공장은 제조 강국의 세대교체를 위한 필연적 기술이다. 이를 위하여 주요 선진국들은 2006년 독일 중심의 스마트공장을 시작으로 스마트공장 구축을 위한 세부전략을 수립하고, 그 기반을 마련하고 있다.

우리나라는 대기업을 중심으로 해외 메이저 솔루션과 연계한 ICT 융합 제조시스템 구축이 진행되고 있다. 그러나 국내 제조업의 대부분을 차지하는 중소기업들은 제조 혁신의 불확실성과 자금 부족 등으로 실질적인 참여가 저조하며, 이로 인하여 대·중소기업간 격차는 더욱 더 가중화되고 있다. 우리 정부는 중소벤처기업부를 중심으로 전통적인 제조 산업에 ICT를 활용한 스마트공장 도입을 추진하여, 제조업의 생산성 혁신과 기업의 제조혁신을 고도화 하는 다양한 정책을 지원하고 스마트공장과 관련된 다양한 시스템 구축을 지원하고 있다[1].

오늘날 제조 현장의 시뮬레이션 기술은 실시간으로 가까운 미래를 예측하고, 바로 생산설비에 적용할 수 있는 의미 있는 정보를 생성하고 있다. 특히 제조업의 생산과정을 시뮬레이션하기 위해서는 생산공정과 설비 배치, 운영 규칙과 제약조건, 그리고 모델링에 의한 제조데이터 플랫폼 구성이 필수적으로 구성되어 상호 연동되어 유연하게 동작되어

야 생산현장에서 생산설비에 적용 가능할 것이다[2].

II. Preliminaries

1. Related works

1.1 제조데이터 기반의 스마트공장

최근 스마트공장 서비스는 다양한 사물인터넷 시스템에서 발생하는 산업현장 데이터를 활용하여 생산설비의 상태를 모니터링하고 생산품과 관련된 다양한 분석을 통하여 생산성 향상 및 원가절감을 실현하고 있다[3,4]. 이러한 제조현장에서 발생하는 다양한 제조데이터는 많은 부분이 제대로 저장 또는 분석에 이용하지 않은 채 버려지고 있다. 게다가, 아직도 대부분의 현장에서는 수기에 의존하여 공정을 관리하고 있는 실정이므로 스마트공장 구축을 위해서는 우선적으로 제조데이터 관리 및 실시간 스마트 서비스와 연동될 수 있는 시스템 구성이 절실하다.

제조현장에서 시시각각 변경되는 생산정보의 수집을 위하여 유무선 센서 기술을 활용하고, 자동화 설비에 연결된 PLC등을 통하여 실시간 생산 정보를 수집한다. 수집된 제조데이터로부터 특성 변화를 감지하고, 생산설비의 이상상태를 감지하는 등의 생산현장에서 발생하는

다양한 오류 분석과 인과관계를 분석하여 자체적인 해결방안을 도출할 수 있다. 본 논문에서는 가내수공업 위주의 수산가공공장의 제조데이터를 시뮬레이션을 이용하여 생성하고, 실제 생산정보와 비교, 분석 등을 통한 생산성 향상 등의 공정개선 및 예측 정보를 제공하는 시스템을 제안한다.

1.2 플랜트 시뮬레이션

플랜트 시뮬레이션(Plant Simulation)은 제조 시스템 및 프로세스를 모델링하고 시뮬레이션을 통하여 최적화할 수 있도록 지원하는 이산적 시뮬레이션 도구이다. 이 도구를 이용하여 사용자가 기존 생산 시스템을 방해하지 않으면서 실험을 하고 가상 시나리오를 시험해 볼 수 있다. 또한 플랜트 시뮬레이션에서 내장되어 있는 시뮬레이션 모델링 언어 Simtalk을 이용하여 새로운 모델링을 설계하고, 다양한 제조데이터를 프로그램으로 적용할 수 있다. 본 논문에서는 실제 수산가공공장을 모델링하여 시뮬레이션 환경을 구성하고, 다양한 운영 규칙과 제약조건을 변경하여 해당 공정의 일일 생산량을 예측하는 시뮬레이션 프로그램을 설계하고 구현한다.

2. Analyze the process

2.1 수산가공 공장의 공정 프로세스 분석

수산가공을 위한 제조 공정은 크게 그림 1과 같이 ‘해동-염장-선별-숙성-포장’으로 이루어지는 5단계로 나뉘어져 있다. 각 단계별로 원료가 이동하면서 각각의 제약 조건을 입력받아 해당 공정이 수행된다. 각 공정별 소요시간은 해동에 16~24시간 실온에서 해동하고, 염장 20~24시간, 전처리 4~5시간, 숙성 40~48시간, 그리고 포장에 5~6시간 평균 소요된다. 그리고 공정 간 준비 시간은 선별공정에서 10분, 포장공정에서 20분 준비 및 이동시간이 소요된다.

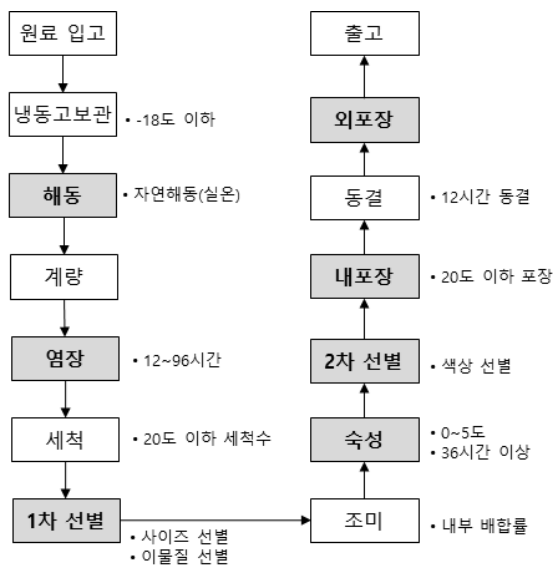


Fig. 1. Manufacturing schedule

2.2 운영규칙 및 제약조건

일일 공정의 전날 염장공정 결과를 추출하여 세척 후 1차 선별 공정으로 전달하면서 일일 공정이 시작되고, 해동과 염장 공정은 일 1회만 진행된다. 전날 염장 공정이 진행되지 않았을 경우, 숙성공정 결과물을 2차 선별 공정으로 전달하여 2차 선별부터 일일 공정이 시작될 수도 있다. 평균 재료 손실률은 입고 선별의 샘플 데이터에 의해 구해진 값을 사용하고 있으며, 이로부터 실제 생산시 원자재 손실 측정이 제대로 이루어지지 않고 있다.

III. The Proposed Scheme

1. 제조환경 프레임워크 구성

1.1 시스템 구성요소

본 연구에서 제안하는 플랜트 시뮬레이션 기반의 수산가공업 제조환경 프레임워크는 그림 2와 같이 물리적 시스템, 시뮬레이션 기반의 가상공장, 시물인터넷 기반의 제조데이터 수집 플랫폼으로 구성된다. 물리적 시스템은 생산원료 공급에서 완제품 출고까지의 모든 실제 생산 프로세스로 구성된다. 여기에서 발생된 생산 요소 데이터, 설비 데이터 등은 모두 수기로 작성되고, 실제 생산계획에 의한 생산 스케줄 기반으로 작업을 수행한다. 시뮬레이션 기반의 가상공장은 플랜트 시뮬레이터를 이용하여 물리적 시스템과 동일하게 모델링하고, 실제 생산현장에서 발생하는 모든 데이터는 물론 실제 공정에서 수집하기 어려운 작업효율, 요소별 작업시간 등과 같은 정보도 시뮬레이션에 의하여 수집되고 이를 활용하여 반복적으로 최적화를 수행한다. 이때 발생하는 정보는 모두 제조데이터수집 플랫폼에 저장하여 이후 분석을 위한 기초 자료로 활용하고, 실시간 모니터링 등 여러 서비스를 구성할 수 있다.



Fig. 2. The virtual factory framework using Plant Simulator

1.2 업무 프로세스 모델링

본 논문에서는 실제 제조공정 계획표를 바탕으로 플랜트 시뮬레이션을 이용하여 그림 3과 같이 가상의 생산현장을 구성하였다. 실제 대상 기업의 생산설비 배치 및 제조공정 프로세스를 그대로 사용하여 모델링하였다. 그리고 수기로 작성된 생산정보들을 각각의 제조공정

과 연결하여 제조데이터 플랫폼에 저장하고, 추가적으로 수기로 작성하지 못한 각 공정별 작업 시간 등도 기록하고 있다.

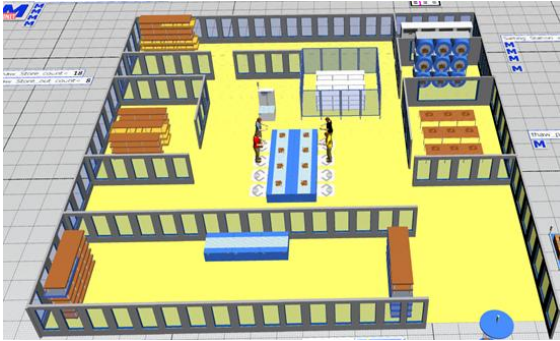


Fig. 3. Virtual factory modeling

2. 시뮬레이션 기반 생산성 향상 분석

2.1 제조데이터 구성

생산성 향상을 위하여 실제 가동 중인 공정 프로세스에 대한 기준 정보 및 설비 내·외적 요소에서 생성되는 데이터를 명시해야 한다. 이를 위해서 기존의 수기로 작성되는 생산일지를 바탕으로 기준 데이터를 아래 표와 같이 규정하였다. 산출된 제조데이터 중에서 생산성과 관련된 주요 입력 인자는 원료 폐기율, 작업자 숙련도에 따른 작업시간, 그리고 공정간 이동시간으로 여기에 해당하는 값을 어떻게 줄이느냐에 따라 생산성이 달라진다. 본 논문에서는 현장에서 가장 필요로 하는 작업자 숙련도에 따른 생산량 추이를 예측하고, 작업계획에 따른 최적화된 작업자 배치를 지원한다.

Table 1. Manufacturing data

제조데이터 항목	단위	실제 측정값	시뮬레이션 값
일일 생산량	Kg	520	519.89
월간 생산량	Kg	10,580	10,400
일일 출고량	Kg	460	460
월간 출고량	Kg	9200	9200
원료 폐기율	%	0.08	0.08
선별 작업자 수	명	5	4
선별 작업 시간	시	4	4
작업자 숙련도	%	측정 안됨	100~120
공정간 이동 시간	분	측정 안됨	13
염장 시간	시	20~24	20~24
숙성 시간	시	40~48	40~48

2.2 실험 결과

시뮬레이션 모델 개발 및 실험 환경은 intel(R) Core(TM) i5-8500, 8GB RMA, 64-bit window 10 Pro 환경 하에서 이루어 졌으며, 모델링은 Plant Simulation을 사용하였다. 또한 시뮬레이션 모델과 모비우스 기반의 제조데이터 수집 시스템[5]과 연동시켰다. 그림 4는 모의실험을 통해 획득한 제조데이터 결과값 일부를 보여주고 있다.

integer 4	datetime 5	datetime 6	time 7	real 12
id_worker	o_page_input_time	o_page_endtime	o_page_table_use_time	data_kg
100	2047/04/23 10:02:00.0000	2047/04/23 10:16:00.0000	14:00.0000	529.43
100	2047/04/24 10:02:00.0000	2047/04/24 10:16:00.0000	14:00.0000	529.43
100	2047/04/25 10:02:00.0000	2047/04/25 10:16:00.0000	14:00.0000	529.62
100	2047/04/26 10:02:00.0000	2047/04/26 10:16:00.0000	14:00.0000	529.43
100	2047/04/27 10:02:00.0000	2047/04/27 10:16:00.0000	14:00.0000	529.62
100	2047/04/28 10:02:00.0000	2047/04/28 10:16:00.0000	14:00.0000	529.50
100	2047/04/29 10:02:00.0000	2047/04/29 10:16:00.0000	14:00.0000	529.62
100	2047/04/30 10:02:00.0000	2047/04/30 10:16:00.0000	14:00.0000	529.37
100	2047/05/01 10:02:00.0000	2047/05/01 10:16:00.0000	14:00.0000	529.43
100	2047/05/02 10:02:00.0000	2047/05/02 10:16:00.0000	14:00.0000	529.37
100	2047/05/03 10:02:00.0000	2047/05/03 10:16:00.0000	14:00.0000	529.56
100	2047/05/04 10:02:00.0000	2047/05/04 10:16:00.0000	14:00.0000	529.37

Fig. 4. collected manufacturing data

실험을 통하여, 10만회의 일일 생산량을 시뮬레이션에 의해 가상으로 데이터를 생성하고 저장하였다. 저장된 데이터를 실제 현장에서 측정된 주간평균 생산량 2645Kg, 주간 평균 출고량 2300Kg, 연평균 손실률 0.08%와 거의 유사하게 계산되었다. 본 논문에서는 실제 필드에서 생산성 향상을 위하여 모델링을 통하여 작업자의 숙련도에 따른 생산량 변화를 아래 그림과 같이 도출하였다. 그림에서 숙련도는 작업자 4인의 평균 숙련 정도를 표시하였으며, 신입직원의 숙련도를 100으로 했을 때 산출된 값이다. 일일 생산량은 최소 520Kg을 생산한다고 가정하고 숙련도에 따른 증가율을 나타내고 있다.

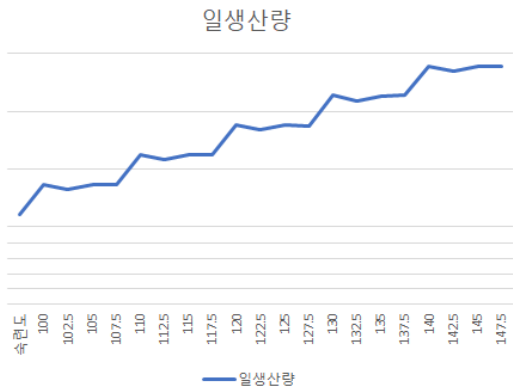


Fig. 5. Daily output by capacity

IV. Conclusions

현재 시뮬레이션 기술은 실시간으로 수집된 제조데이터를 기반으로 제조 공정을 예측하고, 이를 반영하여 생산성을 향상시킬 수 있는 정보를 생성하고 있다. 본 논문에서는 실제 생산환경을 토대로 다양한 운영 규칙을 반영한 제조시스템을 모델링하고, 시뮬레이션 기반의 생산성 향상 조건을 예측하였다. 이를 통하여, 실제 생산설비에서의 작업 숙련도에 따른 생산량 추이와 일일 생산량 목표를 위한 생산지원 투입을 예측함으로써 계획된 생산을 통한 인력 및 생산량 관리가 가능할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 중소벤처기업부의 산학 Collabo R&D사업(에비연 구)(S2897329, 근로자 주도 제조서비스 활용을 위한 스마트팩토리 어시스턴트 개발)의 지원을 받아 수행된 논문이다.

REFERENCES

- [1] Joeng, Min Eui and Yu, Song Jin "A Study on the Strategy of IoT Industry Development in the 4th Industrial Revolution: Focusing on the direction of business model innovation" Journal of Intelligence and Information Systems, Vol. 25 Issue2, pp. 57-75, 2019.
- [2] S.B Hwang, S.J Jeong, S.W Yoon, "The Design of Manufacturing Simulation Modeling Based on Digital Twin Concept," Journal of The Korea Society for Simulation, Vol. 29, No. 2, pp. 11-20, June. 2020.
- [3] Enjoo Song etc, "A Study on Factory Monitoring System based on Manufacturing Facility Condition Diagnosis Algorithm", Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 20, No. 2, pp. 261-269, Apr. 2020.
- [4] Han Mu Mounng Cho etc, "A study on Defect Prediction Method using Sensor Data and Machien Learning in Manufacturing Process" Entrue Journal of Information Technology, Vol. 17, No. 1, pp. 89-98, Dec. 2019.
- [5] Jin-Heung Lee, "Worker-Driven Service Development Tool for Smart Factory" Journal of The Korea Society of computer and Information, Vol. 25, No. 7, pp. 143-150, Jul. 2020.