

# 맞춤형 제조 실행시스템을 위한 공정 분석 시스템 개발

## Development of manufacturing process analysis tool for c-MES

이용혁<sup>1</sup>, \*Bernardo Nugroho Yahya<sup>1</sup>, 조현제<sup>3</sup>, 조용주<sup>3</sup>, 류광열<sup>2</sup>, #송민석<sup>1</sup>

Y. H. Lee<sup>1</sup>, \*B. N. Yahaya<sup>1</sup>, Y. J. Cho<sup>3</sup>, H. J. Cho<sup>3</sup>, K. Y. Ryu<sup>2</sup>, #M. Song (msong@unist.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>울산과학기술대학교(UNIST), <sup>2</sup>부산대학교, <sup>3</sup>한국생산기술연구원

Key words : c-MES, Process Mining, Manufacturing Process Analysis

### 1. 서론

맞춤형 제조실행시스템(c-MES, Configurable MES)은 제조실행 시스템(MES: Manufacturing Execution System)의 주요 기능들을 업종과 중소 제조 기업의 요구기능에 따라 선택적으로 재구성하여 비용을 최소화하면서 적용의 용이성을 높인 시스템을 의미한다. [1]

c-MES 플랫폼은 전사적 측면에서 제조 공정운영 및 관리의 최적화를 위해 설비 현황, 생산, 품질 데이터를 관리하고 분석할 수 있는 플랫폼 구성요소의 개발을 필요로 한다. [2]

본 연구에서는 c-MES의 공정 분석 시스템에 대한 연구로, BPM 분야에서 주요한 연구 이슈로 각광받고 있는 프로세스 마이닝 연구를 기반으로 c-MES의 공정 분석 시스템을 개발하고자 한다.

### 2. 시스템 개발 절차

c-MES의 공정 분석을 위해서는 생산 공정에 대한 모니터링의 방법론이 수립되어야 한다. 모니터링을 통해 수집된 공정 정보에 대한 이벤트 로그와 발견되는 공정 변화를 기반으로 c-MES의 공정 개선을 위한 c-MES 이벤트 분석 방법론이 모색된다. 프로세스 마이닝 기법이 주요한 방법론으로 모니터링, 이벤트 분석에 사용된다. 프로세스 마이닝 기법을 통해 c-MES 생산 모니터링 관점에서 프로세스 모델의 도출과 프로세스 성과 측정이 가능하다. 프로세스 마이닝 기법을 이용하여 도출된 결과를 반영하여 c-MES의 성능 및 공정 개선 분석을 제공하는 모듈을 설계하여 확립한다.

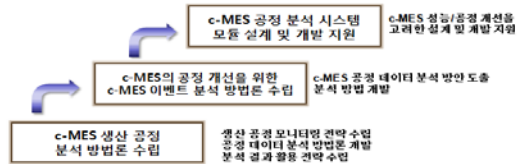


Fig. 1 공정분석 시스템의 구성

### 3. 시스템 기능 요소

제안된 공정 분석 시스템은 크게 프로세스 모델의 생성과 프로세스 성과측정의 두 가지 기능으로 구성되어 있다.

프로세스 모델 생성에 포함되는 세부 기능을 살펴보면 공정 프로세스 모델 생성 및 표준화, 공정 데이터 기반 프로세스 모델 생성, 기업에 따라 상이한 공정 모델에서 표준 모델 생성의 프로세스 모델 생성과 직접적으로 관련된 기능이 있다. 이와 더불어, 패턴 분석, 공정 수행 관련 패턴 분석, Failure Analysis 수행 가능 여부 판단으로 이루어지는 프로세스 모델의 해석에 부가정보로 사용될 수 있는 기능들이 프로세스 모델 생성에 포함된다.

프로세스 성과 측정에 포함되는 세부 기능으로는 c-MES 공정 성과 측정, 업무 수행상의 병목점, 두 개의 작업 사이에 걸리는 시간, 분기점에서의 각 방향에 분기 빈도수, 단위 공정에 소요되는 시간, 공정 사이에 이관하는데 걸리는 시간, 공정에서 기다리는 시간, 작업이 수행된 기계 등에 대한 정보를 제공하는 기능들이 있다. Fig.2은 공정 분석 시스템의 기능을 요약하고 있다.



Fig. 2 공정분석 시스템의 기능

성과 측정은 프로세스 관점과 업무 관점으로 이루어진다. 프로세스 관점에서 성과 측정이 가능한 항목들을 살펴보면, 공정의 시작에서 종료까지 걸리는 시간, 프로세스의 도착률(Arrival Rate), 프로세스의 평균 이벤트 개수, 프로세스의 평균 참여 업무 인원의 수가 있다. 업무관점에서 성과 측정이 가능한 항목들로는 각 업무의 평균 작업시간, 단위 작업의 도착률, 평균 대기 시간, 평균 수행 시간이 있다.

성과 측정 후 이루어지는 일련의 성과 분석 항목으로는 업무 수행상의 병목점 분석, 단위 작업의 소요시간 분석 등의 7 가지 항목이 있으며 Fig.3 에 7 가지의 분석 항목이 설명과 함께 정리되어있다.

분석 항목	내용
성과 측정	작업의 대기 시간, 발생한 횟수, 작업 시점, 업무량의 변화, 단위 작업 시간, 작업지에 따라서 작업자의 업무 수행 개수, 업무 수행 횟수
업무 수행 성과의 병목점	처리시간이 과도하게 걸리거나 업무량이 집중되는 작업
두 개의 작업 사이에 걸리는 시간	앞의 작업 종료 후 뒤의 작업 시작까지 소요 시간
분기점에서의 각 방향으로의 분기 빈도수	한 작업에서 다음 작업으로 넘어 갈 때 두 가지 작업이 선택적으로 존재할 때, 선행작업이 완료 후 후행 작업 중의 하나의 작업만 실행되는 것을 의미
단위 작업에 소요되는 시간	각각의 단위 작업의 시작과 종료의 시간차이
작업에서 기다리는 시간	작업의 실행 준비가 완료되었음에도 불구하고 대기시간이 존재하는 경우
교차점에서 sync 시간	실행하기 위해 앞서서 실행되어야 하는 작업이 두 개 이상 존재하는 경우 작업간의 종료시간 차이

Fig. 3 프로세스 성과 분석 항목

#### 4. 구현 현황

Fig.4 는 프로세스 마이닝의 Handover 알고리즘을 적용하여 도출된 결과화면이다. 기본적으로 프로세스 모델을 제공하며 관계 threshold 설정을 통해 중요도에 따라 프로세스 모델을 단순화할 수 있다. 추가적으로, 작업 관계 테이블을 제공하여 빈도수 관점에서 프로세스 모델 내의 상세한 작업 관계를 확인

할 수 있다.



Fig. 4 프로세스 도출 알고리즘(Handover) 적용 결과 화면

Fig.5 는 Handover 알고리즘을 적용하여 도출된 프로세스 모델을 바탕으로 네트워크 분석 기법을 활용하여 공정 사이의 관계를 분석하는 화면이다.

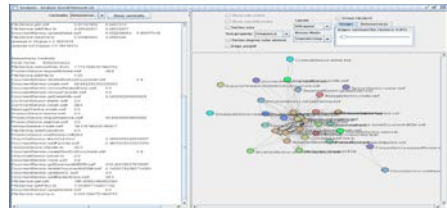


Fig. 5 Handover 를 이용한 프로세스 분석 결과 화면

#### 후기

본 논문은 국가 플랫폼 과제인 맞춤형 보급형 c-MES 플랫폼 기술개발 과제 (과제번호: 10033159)의 일환으로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. 이화섭, 류광열, 조용주, 조현제, “중소 제조기업을 위한 맞춤형 제조실행시스템 도입모델 개발” 한국정밀공학회 2012년도 추계학술대회 논문집(상), 399-400, 2012.
2. 손수현, 배성민, 최석우, 이혜진, 이형욱, “c-MES 보급 및 확산을 위한 모듈조합 유형화 및 적용사례”, 한국정밀공학회 2011년도 추계학술대회 논문집(상), 407-408, 2011.