

AI를 활용한 하이브리드 가공설비 일정계획 최적화 방법 연구

*오경모, 최현균, 김호겸, 윤태현, 유대승

*(주)유플시엔에스, 한국전자통신연구원

*okmjaya@gmail.com, choihk, hokykim, thyoon0820, ooseyds(@etri.re.kr)

Study on the Optimization of Hybrid Processing Equipment Schedule Planning Using AI

*Kyung-mo Oh, Hyun-kyun Choi, Ho-kyom Kim, Tae-Hyun Yoon, Dae-seung Yoo,

*UPC&S, ETRI

요약

본 논문에서는 장비 할당의 최적해를 쉽게 찾아내는 방법을 제시한다. 연구 내용은 선박용 엔진의 조립 또는 장착 시 사용되는 체결 볼트와 너트 등의 기계 부품의 원재료인 환봉을 제작하는 CNC 기계 가공 공정의 소재 외경과 길이를 기준으로 장비별 작업 할당을 최적화하는 일정계획에 관한 것이다. 본 연구는 과거 3년 동안의 작업 실적을 바탕으로 장비별 도면의 작업 구간을 설정하고 신규 작업이 들어오면 AI 기법인 군집분석을 통한 기준수치를 산정하고 장비의 가공 시간을 계산하여 납기와 가공 시간을 기준으로 CAPA를 고려한 장비별 작업량을 최적으로 할당하는 장비별 일정계획을 만드는 것이다. 본 연구의 알고리즘으로 할당된 정보를 겐트 차트 개념을 도입하여 시스템으로 제공한다.

I. 서론

할당문제(assignment problem)는 수송문제(transportation problem)의 특별한 경우로, 다수의 공급처 (source, S_i , $i=1,2,\dots,m$)와 수요처 (demand, D_j , $j=1,2,\dots,n$)가 존재하며 모든 공급량과 요구량이 항상 1인 경우이다. 또한, 수송비용 (c_{ij})이 모두 다르며 공급처에서 반드시 한 수요처로만 수송이 이루어져야만 $z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$ 총 수송비용의 합이 최소가 되는 최적해를 찾도록 $x_{ij} = 1$ 을 할당하는 문제이다.

$m \times n$ 비용 행렬에서 $m = n$ 인 경우를 균형 할당문제(Balanced Assignment Problem), $m \neq n$ 인 경우를 불균형 할당문제(Unbalanced Assignment Problem)라 한다. 할당문제를 해결하는 방법으로 거의 대부분은 Hungarian 알고리즘을 적용하고 있으며, 일부는 유전자 알고리즘을 시도하는 경우도 있다. Hungarian 알고리즘의 수행 복잡도는 $O(n^3)$ 로 균형 할당문제에 대해서는 최적해(optimal solution)를 항상 찾을 수 있다고 알려져 있다

본 논문에 사용되는 혼합형 할당문제는 AI 기법의 군집분석을 사용한다. 과거 실적 기반으로 해당 볼트의 외경과 길이를 바탕으로 장비별 가동할 수 있는 품목을 찾아내고 신규 작업의 SPEC을 고려하여 작업 가능 장비 그룹을 찾아서 유클리드 거리를 계산하여 기준 수치화하고 신규 작업이 시작되면 장비의 효율 및 실적 정보를 고려하여 납기가 빠른 순으로 (EDD) 및 가공 시간이 적은 것부터(SPT) 규칙을 적용하여 장비를 할당하는 방법을 제시한다. 선박용 엔진 체결 볼트의 특징은 소량 다품종으로 동일 제품이지만 조립되는 제품의 지정 품목으로 정해져 있고 선급이라는 품질 검사와 특성상 납기가 최우선의 일정계획의 특징이 있다.

II. 본론

본 연구는 혼합형 방식의 할당문제이다. 과거 실적을 바탕으로 장비별

가용능력을 기준 정보로 보관하고 신규 작업 지시가 내려오면 기준 정보로 부터 가용 가능한 장비를 찾아낸다. 신규 작업의 도면 정보의 SPEC을 만족하는 품목을 기준으로 유클리드 거리와 장비 가동 시간을 병합하여 최적의 장비별 작업 지시를 할당하는 방법으로 구체적인 프로세스는 다음과 같다.

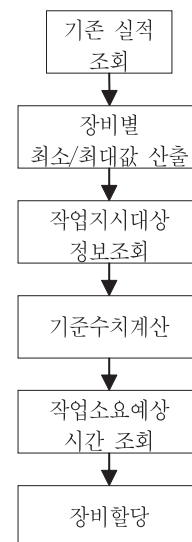


그림1. 할당 프로세스

- step1) CNC 1차 공정기준 최근 3년 동안의 실적 조회
- step2) 실적에서 설비별 가로, 세로, 파이의 최소/최대 값 산출
- step3) 작업지시 대상 도면번호의 기준정보 조회 (가로, 세로, 파이)
- step4) 작업지시 대상 spec의 가용장비 그룹을 찾아낸다.
- step5) 유사도가 가장 근접한 장비를 할당하기 위해 아래 기준수치 값 산정

$$\text{기준수치} = \frac{\sqrt{(x_1-a)^2+(x_2-b)^2+(x_3-c)^2} + \sqrt{(y_1-a)^2+(y_2-b)^2+(y_3-c)^2}}{2}$$

- x1=가로 최소값, x2=세로 최소값, x3=파이 최소값
- y1=가로 최대값, y2=세로 최대값, y3=파이 최대값
- a=작업지시대상 가로값, b=작업대상 세로값, c=작업대상 파이값

step6) 작업소요 예상시간 = 작업대기수량 X C/T

- 미완료 작지 기준으로 작업대기수량 산출
- 작업대기수량 = 작업지시수량 - 작업완료수량

step7) 장비할당

- 7.1 작업소요예상 시간이 0인 장비에 우선 할당
- 7.2 작업소요예상 시간이 제일 적은 장비에 우선 할당
- 7.3 작업소요예상 시간이 동일한 경우 기준수치가 제일 낮은 장비에 할당
- 7.4 작업소요예상 시간과 기준수치가 동일한 경우 빠른 장비번호에 할당

$$z = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (C_{ij} - D_{ij})$$

- C_{ij} = 작업할 작업소요예상시간
- D_{ij} = 할당할 작업소요예상시간
- i= 작업수, j=작업지산

step8) 할당 결과 시스템

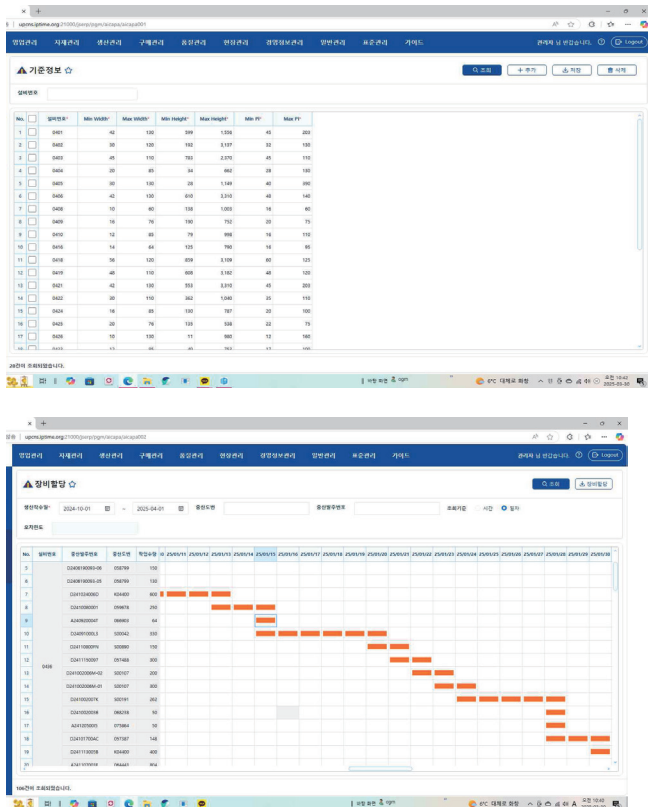


그림2. 장비 할당 결과

각 장비별 작업 가능 범위를 과거 실적을 바탕으로 기초 정보로 사용하고 최근접 이웃(KNN) 모델을 활용하여 유클리드 거리를 산정한다. 이후 기준 수치를 생성하고 납기와 공정 가공 시간을 활용하여 생산계획에 따른 작업지시 물량이 확정되면 해당 공정 품목별 고객 납기가 제일 빠른 순으로 장비별 가용 능력 설비에 할당한다. 본 연구의 혼합형 장비별 작업 할당 규칙은 AI의 분류 모델 과 장비 할당 규칙(EDD, SPT) 규칙에 의거 공정 할당하는 복합 모델을 적용하여 수작업에 의한 작업 할당을 업무 부

하를 최소화하고 AI 기법을 복합적으로 적용한 방법을 제시하였다.

III. 결론

본 연구에서는 선박용 엔진 볼트 가공 공정에서의 CNC 장비 작업을 할당하는 방법을 연구하였다. 기존에는 작업계획을 수작업에 의한 후공정 작업을 할당한 반면 본 연구를 통해 실시간 실적을 고려하여 자동 할당 규칙을 적용함으로 인하여 업무 생산성이 증가하였고, 기계 가공 공정의 생산 CAPA를 고려한 혼합방식의 작업 할당으로 안정적인 생산과 고객의 납기 준수율을 안정화 시켰다. 향후 과제로는 생산의 실적 처리 및 경영지표인 KPI를 챗GPT를 활용하여 실시간 운영 정보 데이터를 내가 원하는 시점에 즉시 탐색하고 지표를 만들 수 있는 체계를 연구할 필요가 있다.

*CAPA(Capacity) , *SPEC(Specification) , *KPI(Key Performance Indicator)

*EDD(Early Due Date), *SPT(Short Procession Time), *C/T(Cycle Time)

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 울산시-ETRI 2차 공동협력사업(25AB1600, 제조 혁신을 위한 주력산업 지능화 기술 개발 및 산업현장에서의 사람-이동체-공간 자율협업지능 기술 개발)의 지원을 받아 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] L. Ntamo, "Introduction to Mathematical Programming:Operations Research: Transportation and AssignmentProblems", Vol. 1, 4th edition, by W. L. Winstonand M. Venkataramanan, http://ie.tamu.edu/INEN420/INEN420_2005Spring/SLIDES/Chapter 7.pdf, 2005.
- [2] 최현균 외 2명 "불연속 공정 기계 부품의 AI 최적 솔루션 시스템 요구사항 정의서" v1.0, 2021.
- [3] 최현균 외 2명 "불연속 공정 기계 부품의 AI 최적 솔루션 시스템 구조 설계서" v1.0, 2021.
- [4] 오경모 "데이터 인프라구축사업 AI컨설팅 결과 보고서" v1.0, 2023.
- [5] 오경모 "선박용 엔진 볼트 크랙 불량 원인 분석 방법 및 품질예측에 관한 연구" v1.0. 2023.