

# 완료 시간 제약이 있는 작업 순서 결정 문제 풀이를 위한 후보 순위 접근법 응용

김준우<sup>o</sup>

<sup>o</sup>동아대학교 산업경영공학과

e-mail: kjunwoo@dau.ac.kr<sup>o</sup>

## Application of Candidate Order Approach for Solving Job Sequencing Problem with Finish Date Constraint

Kim Jun Woo<sup>o</sup>

<sup>o</sup>Dept. of Industrial and Management Systems Engineering, Dong-A University

### ● 요약 ●

작업 순서 결정 문제의 목표는 다양한 작업들에 대한 최적의 처리 순서를 결정하여 총 처리시간이나 납기 지연과 관련된 지표들을 최소화하는 것이다. 나아가, 실제 생산 현장에서는 작업 처리 순서를 결정할 때, 긴급도나 고객과의 관계 등과 같은 요인을 고려하여 일부 작업들을 특정 시간 내에 완료해야 할 수 있으며, 이 같은 제약 조건을 완료 시간 제약이라 한다. 본 논문에서는 완료 시간 제약을 갖는 작업 순서 결정 문제의 개념과 특성에 대해 살펴보고, 이러한 문제를 풀이하기 위한 알고리즘 개발에 후보 순위 접근법을 적용할 것을 제안한다.

**키워드:** 작업 순서 결정 문제(job sequencing problem), 완료 시간 제약(finish time constraint), 후보 순위 접근법(candidate order approach), 메타 휴리스틱(meta heuristic)

### I. Introduction

생산 현장에서 다양한 작업들의 처리 순서를 결정해야 하는 상황은 매우 빈번하게 발생하며, 처리 순서에 따라 총 처리시간(makespan)이나 납기 지연 관련 지표들의 값이 변한다. 따라서, 생산 시스템의 효과적인 운영을 위해서는 지속적인 작업 순서 결정이 필요하다.

그러나, 이 같은 작업 순서 결정 문제(job sequencing problem)는 일반적으로 NP-hard 문제에 해당하여, 최적해의 탐색이 곤란한 경우가 많으며, 특히 제약 조건이 추가될 경우 문제의 복잡도는 더더욱 증가한다[1]. 이로 인해, 현장에서 요구되는 제약 조건이 작업 순서 결정 과정에서 반영되지 못하는 경우도 빈번하며, 본 논문에서는 이러한 제약 조건의 예로 완료 시간 제약에 대해 토의해보고자 한다.

또한, 조합 최적화 문제의 특성 상, 휴리스틱(heuristic), 또는 근사 최적해를 비교적 단시간에 구하기 위한 메타 휴리스틱(meta heuristic) 알고리즘을 이용한 작업 순서 결정 문제 풀이에 대한 연구가 많이 이루어졌으나, 이러한 알고리즘들은 보통 범용성이 떨어지고 특정 상황에만 적용할 수 있다는 한계를 갖는다.

반면, 최근 제안된 후보 순위 접근법(candidate order approach, COA)은 순서 결정 문제 풀이를 위한 유전 알고리즘[2][3] 및 타부 서치 알고리즘[4] 개발 등에 폭넓게 활용될 수 있으며, 다양한 제약 조건들을 유연하게 처리할 수 있다는 장점을 갖는다.

### II. Research Backgrounds

작업 순서 결정 문제는 조합 최적화 문제(combinatorial optimization problem) 중에서도 일반적인 조합 문제(combination problem)보다 풀이가 까다로운 순서 결정 문제(sequencing problem)에 해당한다. 나아가, 선행 제약(precedence constraint) 등과 같은 부가적인 제약 조건이 추가될 경우, 해 탐색의 난이도가 크게 높아질 수 있다.

### III. Candidate Order Approach for Dealing with Finish Date Constraint

COA는 순서 결정 문제에 대한 실행가능해(feasible solution) 생성하기 위한 구성적인(constructive) 방법을 제안하며, 구성적인 생성 방법이란 의미는 주어진 항목들을 한 번에 하나씩 추가하여 전체 항목들의 시퀀스(sequence) 1개를 생성한다는 의미이다.

만약 별도의 제약 조건이 없는 경우에는 항목을 추가할 때마다 기존에 추가되지 않은 미할당 항목들로 후보 집합(candidate set)을

구성하고 이들 중 1개를 선택하여 시퀀스에 추가하면 된다.

아울러, 별도의 제약 조건이 있는 경우에는 이를 위배하는 항목들을 후보 집합에서 제외해주어야 하며, 예를 들어 선행 제약이 있는 경우에는 후보들 중, 아직 시퀀스에 추가되지 않은 선행 항목들 갖는 항목들을 후보 집합에서 삭제하면 된다[2].

완료 시간 제약을 갖는 작업 순서 결정 문제를 풀이할 때는 일단 완료 시간 제약이 있는 작업들이 후보 집합에 포함시킨 후, 다음과 같은 절차들을 거쳐야 한다.

(i) 작업  $k$ 의 완료 시점이  $cf_k$  이내여야 한다는 제약이 있는 경우, 완료 시점 제약이 없는 후보들 중 이번에 시퀀스에 추가될 수 없는 것들을 후보 집합에서 삭제한다. 예를 들어, 단일 기계 순서 결정 문제에서 시퀀스에  $t$ 개의 작업들을 추가한 후  $t+1$  번째로 추가할 작업을 선택하는 경우, 완료 시점 제약이 없는 작업  $i$ 가  $f_{(t)} + p_i + p_k > cf_k$ 를 만족할 경우, 후보 집합에서 삭제되어야 한다.

(ii) 후보 집합에 남아 있는 작업들 중 1개를 선택하여 시퀀스에 추가한다.

단, 동일한 시점까지 완료되어야 할 작업이 여러 개인 경우에는  $p_k$  대신 해당 작업들의 처리 시간 총합을 사용하여야 하며, 서로 다른 시점까지 완료되어야 하는 작업들이 2개 이상 있는 경우에는 정해진 완료 시점이 빠른 것부터 순차적으로 제약 조건의 충족이 가능한지를 평가해야 한다.

#### IV. Conclusions

앞에서 서술한 바와 같이, COA를 이용하면 종래의 문헌에서 잘 다루어지지 않았던 완료 시간 제약을 효과적으로 처리할 수 있으며, 저자는 이를 토대로 향후 완료 시간 제약을 갖는 작업 순서 결정 문제 풀이를 위한 메타 휴리스틱 알고리즘 개발을 진행하고자 한다.

### ACKNOWLEDGEMENTS

이 성과는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1C1B1008650).

### REFERENCES

[1] J. M. Framinan, J. N. Gupta, and R. Leisten, "A Review and Classification of Heuristics for Permutation Flow-Shop Scheduling with Makespan Objective," *Journal of Operational Research Society*, Vol. 55, No. 12, pp. 1243-1255, 2004.

[2] J. W. Kim, "Candidate Order based Genetic Algorithm (COGA) for Constrained Sequencing Problems," *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, Vol. 23, No. 1, pp. 1-12, 2016.

[3] J. W. Kim, and S. K. Kim, "Genetic Algorithms for Solving Shortest Path Problem in Maze-Type Network with Precedence Constraints," *Wireless Personal Communications*, forthcoming.

[4] J. W. Kim, "Performance Comparison of Neighborhood Structures of Tabu Search Algorithms for Sequencing Problems," *Advanced Science Letters*, Vol. 23, No. 10, pp. 10436-10439, 2017.