

자원제약하의 다단계 다품목 공급사슬망 생산계획을 위한 휴리스틱 알고리즘

신현준^{1*}

A Hybrid Heuristic Approach for Supply Chain Planning with a Multi-Level Multi-Item Capacitated Lot Sizing Model

Hyun-Joon Shin^{1*}

요약 공급사슬망에서 분산되어있는 제조시스템에 대한 생산 계획수립은 공급사슬망의 주요 연구분야 중의 하나이다. 본 논문은 공급사슬망에서 자원제약을 갖는 다단계 다품목 로트사이즈 결정 문제(Multi-Level, multi-item Capacitated Lot Sizing Problem: MLCLSP)를 위한 알고리즘을 제시한다. MLCLSP는 MIP(mixed integer program) 문제에 해당한다. 제안된 알고리즘은 휴리스틱과 최적화 패키지인 LINGO를 이용해 서로 반복적인 방식으로 해를 풀어 나가는 혼성적인 성격을 갖는다. 휴리스틱을 이용하여 정수형 변수를 결정 한 후, 연계 되는 LP(linear program) 문제를 LINGO를 이용하여 해를 개선해 나가는 방식을 기본으로 한다. 본 논문에서는 탐색 휴리스틱 기법으로 임의 재시작 탐욕탐색 알고리즘을 제시한다. 다양한 시나리오의 실험을 통해 제안된 알고리즘들의 성능을 평가한다.

Abstract Planning distributed manufacturing logistics is one of main issues in supply chain management. This paper proposes a hybrid heuristic approach for the Multi-Level, multi-item Capacitated Lot Sizing Problem (MLCLSP) in supply chain network. MLCLSP corresponds to a mixed integer programming (MIP) problem. With integer variable solutions determined by heuristic search, this MIP problem becomes linear program (LP). By repeatedly solving the relaxed MIP problems with a heuristic search method in a hybrid manner, this proposed approach allocates finite manufacturing resources for each distributed facilities and generates feasible production plans. Meta heuristic search algorithm is presented to solve the MIP problems. The experimental test evaluates the computational performance under a variety of problem scenarios.

Key words: Distributed Production Planning; Multi-Level Multi-Item Capacitated Lot Sizing Hybrid Algorithm Supply Chain Network Meta Heuristic Search

1. 서론

공급사슬망 관리 분야에서 지역적으로 분산된 복수의 제조 시설들을 대상으로 하는 생산계획 수립에 관한 연구는 실제 산업현장으로부터 지대한 관심을 받고 있다. 따라서 최근의 글로벌 제조기업을 위한 생산계획 모델들은 공급사슬망에서의 다양한 생산활동들을 성공적으로 관리하기 위해 분산되어 있는 제조시설들을 총체적으로 고려하고 있다. 그간 제조시스템의 생산성과 효율성에 대해서는 집중적으로 많이 연구되어 온 반면, 다단계의 제조시설 또는 다단계의 기업을 아우르는 물류-생산 문제들에 대한 폭 넓은 접근 방법

은 부족했던 것이 사실이다. 물류-생산에 있어 계획의 문제는 Ertogral과 Wu가 언급한 한 문장으로 요약될 수 있다 - "최종 소비자의 수요가 결정되는 지점과 그 수요가 충족되는 지점 사이에서 벌어지는 제조 활동들을 수행하는데 필요한 모든 계획, 조정 그리고 서비스"[1]. 물류-생산관리와 관련한 주요 토픽중의 하나는 복수개의 제조시설들에 대한 계획 및 제조와 그 이외 분야 수요예측, 영업, 분배, 창고관리 간의 통합에 관한 이슈이다.

본 논문은 공급사슬망에서 제조시설 간 생산계획을 위한 의사결정 방법론에 주안점을 둔다. 본 연구의 목적은 공급사슬망에서 MLCLSP(Multi-Level, multi-item Capacitated Lot Sizing Problem) 문제의 해를 효율적으로 구하기 위해 MIP문제에서 변형된 LP문제를 푸는 LINGO 툴과 휴리스틱 탐색 알고리즘간의 협력적으로 작용하는 혼성 알고리즘을

¹상명대학교 산업정보시스템공학과

*교신저자: 신현준(hjshin@smu.ac.kr)

제시하고 제안한 방법론의 성능을 입증하는 것이다.

일반적으로 로트 사이즈 결정 문제는 주문과 재고 비용의 합을 최소화하는 것을 목적으로 특정 제조시설에서 특정 품목을 특정 기간에 셋업하고 생산할 지 여부를 결정하는 것이다. 만약 자원 제약을 고려한다면, 이것은 자원 제약하의 로트사이즈 결정문제 (capacitated lot sizing problem: CLSP)가 된다. 본 논문이 사용하는 모델은 자원 제약하의 다단계 다품목 로트 사이즈 결정 문제, 즉 MLCLSP이다. 본 논문에서 다루는 MLCLSP는 계획 수립기간 동안 수요와 자재명세서(BOM)가 주어졌을 때 재고 유지비용과 주문 비용의 합을 최소화하기 위해 지역적으로 분산된 제조시설들에 대한 생산 계획을 찾아내는 것이다. 이때 최종 제품에 대한 BOM에서 구성 부품들 역시 지역적으로 분산된 제조시설들에서 각각 생산될 수 있다. 여기서 고려해야 할 주요 제약 사항들은 다음과 같다: (1) 선후행 관계 재고가 없다고 가정했을 때 BOM상의 하위 품목의 생산이 모두 끝나야 상위 품목이 생산이 시작될 수 있다 (2) 자원 용량 각 제조시설 내의 자원들의 용량은 한정되어 있다 (3) 주문잔고(backlog) 최종 제품에 대한 주문 잔고는 허용하지 않는다.

다단계 로트 사이즈 및 스케줄링은 이 문제를 다루고 있는 저널들에서 지적하고 있는 것처럼 아마도 오늘날의 가장 어려운 단기 생산계획 문제에 속한다[2-4]. CLSP 모델에 대한 리뷰를 원하는 독자들에게는 [5-7]의 연구들을 참조하기를 권한다. Bahl 등은 이 문제를 단일 단계와 다단계로 구분하였고 자원 제약하의 다단계 문제에 대한 접근 가장 어렵다고 언급하였다[8]. Bahl과 Ritzman은 자재소요계획(MRP) 계산의 복잡성이 바로 MLCLSP 문제의 해를 구하는 것에 해당한다는 것을 보였다[9]. Florian 등은 한가지 자원 유형에 셋업시간이 존재할 경우 단일품목 문제들의 일부는 NP-hard라는 것을 보였다[10-11]. Tempelmeier와 Helber는 MLCLSP 문제를 위한 4종류의 2단계 휴리스틱 방법을 제시하였고, 그 후에 그들은 효과적인 Lagrangian relaxation 휴리스틱을 제안하였다. 이 방법론에서, 그들은 단일 품목의 자원 제약이 없는 로트사이즈 결정 하위문제들을 얻기 위해 재고와 자원 용량 제약을 완화하였다. 이 하위문제에 대해서는 효율적인 $O(n \log n)$ 알고리즘이 존재하므로, 그들은 전체 문제에 대한 효율적인 탐색알고리즘을 개발할 수 있었다[12-13]. 그들의 논문이 다루었던 문제는 위의 Florian 등이 증명하였던 문제보다 훨씬 복잡성이 크다. 따라서 이 문제의 최적해를 구하는 효율적인 알고리즘은 아직 존재하지 않으므로, 본 논문은 근접 최적해를 얻기 위한 방편으로 혼성 탐색 휴리스틱 알고리즘을 개발하였다.

공급사슬관리 문제들에 대한 메타휴리스틱적인 접근 방법론에 대해서는 지금까지 일부 소개되어 왔다. 그러나 그

중 많은 연구들이 이웃해 표현 기법과 가능해(feasible solution)를 지속적으로 유지하는 것이 어렵다는 이유로 위치문제 또는 할당문제로 변형된 모델들에 대해서만 초점을 맞춰왔다. Ross는 데포(depot)와 운송수단의 운영비용을 최소화 하기 위해 기존의 분배망을 위한 재구성 문제에 대해 시뮬레이티드 어닐링 방법을 제시하였다[14]. Jayaraman과 Ross는 하나의 공장과 복수개의 분배센터 및 소매점으로 구성된 문제를 다루었고, 시뮬레이티드 어닐링 방법을 이용해 가장 좋은 분배센터의 집합을 선택하고 작업결정 프로세스를 통한 운송수단의 확정 방식으로 소매점들의 할당을 결정하였다[15]. Vergara 등은 [16] 공급자로부터의 재보충 비용을 최소화하는 문제에 진화 알고리즘을 적용하였다[16]. 그들은 이웃해를 생성하기 위해 염색체(chromosome)를 재보충 순서로 고안하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 공급사슬망 생산계획 문제의 모형을 제시하고, 3장은 2장에서 제시된 문제의 해를 구하기 위한 알고리즘을 설명한다. 제시된 알고리즘의 성능 분석은 4장에서 기술하며, 마지막으로 5장은 결론과 추후 연구방향에 대해 언급한다.

2. 공급사슬망 생산계획 모델

본 논문은 복수개의 제조공장 또는 분배센터로 구성되는 공급사슬망을 대상으로 한다. 각 시설(공장 또는 분배센터) 한정된 자원 용량을 갖고 있으며 복수개의 중간/최종제품을 취급한다. 제품의 생산 및 분배는 각 시설의 자원을 공유할 수 있다. 문제의 수학적 모형화를 위한 가정과 기호는 다음과 같이 정의된다.

가정:

- (1) 한 제품은 몇 개의 상위 제품을 위해 공용부품으로 사용될 수 있다 (일반화 BOM).
- (2) 계획 시평은 복수의 계획 기간들로 균등하게 나뉘어진다.
- (3) 각 자원은 주어진 용량 제한을 갖는다.
- (4) 한 제품의 생산은 해당 기간 동안에만 자원의 용량을 소모한다.
- (5) 한 제품의 생산을 위한 자원의 셋업은 다음 기간으로 연장되어 넘어가지 않는다.

인덱스:

- | | |
|-------------------|---------------|
| $k = 1, \dots, K$ | 중간/최종 제품의 인덱스 |
| $t = 1, \dots, T$ | 계획 기간의 인덱스 |

$j = 1, \dots, J$ 시설의 인덱스

집합:

$S(k)$ BOM상에서 제품 k 를 필요로 하는 상위 제품 인덱스들의 집합

모수:

q_{kt} 기간 t 에 제품 k 의 생산 계획량

c_{jt} 기간 t 에 시설 j 의 가용 자원용량

d_{kt} 기간 t 에 제품 k 의 수요량

a_{ki} BOM상에서 제품 i 를 한 단위 생산하는데 소요되는 제품 k 의 수량

h_k 제품 k 의 재고 유지비용

s_k 제품 k 의 셋업비용

v_{kjt} 기간 t 에 시설 j 에서의 제품 k 한 단위를 생산하는데 필요한 시간

u_{kjt} 기간 t 에 시설 j 에서의 제품 k 를 셋업하는데 소요되는 시간

l_k 제품 k 의 리드타임

M 매우 큰 값

변수:

y_{kt} 기간 t 에 제품 k 에 대한 이진 셋업 결정 변수.

q_{kt} 와의 관계는 다음과 같이 정의된다.

$$y_{kt} = \begin{cases} 0 & \text{if } q_{kt} = 0; \\ 1 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

z_{kt} 기간 t 말에 제품 k 의 재고수준

위의 가정과 기호들과 함께, 공급사슬망 생산계획 문제는 다음과 같은 MIP문제로 모형화 될 수 있다.

MLCLSP:

$$\text{Min} \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T (s_k y_{kt} + h_k z_{kt}), \quad (1)$$

subject to

$$q_{kt-l_k} + z_{k,t-1} - z_{kt} - \sum_{i \in S(k)} a_{ki} q_{ik} = d_{kt} \quad \forall k \text{ and } t, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K (v_{kjt} q_{kt} + u_{kjt} y_{kt}) \leq c_{jt} \quad \forall j \text{ and } t, \quad (3)$$

$$q_{kt} - M y_{kt} \leq 0 \quad \forall k \text{ and } t, \quad (4)$$

$$z_{kt} \geq 0, q_{kt} \geq 0, bo_{kt} \geq 0, y_{kt} \in \{1, 0\} \quad \forall k \text{ and } t, \quad (5)$$

위의 공급사슬망 생산계획 모델은 전체 계획 시평에 걸쳐 각 계획 기간별로 수행된다. 각 중간/최종 제품은 재고로 보관되는 동안 유지비용을 발생시키며, 구매/생산 주문이 발주됨과 동시에 셋업비용을 발생시킨다. 목적함수는 전체 셋업과 재고유지비용을 최소화하는 것이다. 식 (2)는 계획 시평 동안 각 제조시설에 존재하는 재고 균형에 대한 제약이다. 식 (3)은 각 제조시설에 대해 주어진 가용 용량 이내에서 생산이 이뤄져야 한다는 제약이고, 식 (4)는 생산과 셋업간의 관계식이다. 본 모델은 생산계획 문제의 몇 가지 주요한 특성들을 포함하고 있다: a_{ki} 로 표현되고 있는 BOM구조, 최종제품을 생산하는데 필요한 공급구조를 정의 셋업비용과 재고비용 간의 절충 자원제약.

3. 휴리스틱 알고리즘

MLCLSP의 최적해를 구하기 위해 분지한계법 (branch-and-bound)과 같은 최적해 알고리즘을 사용하는 것은 현실성이 없으므로 본 연구에서는 근접 최적해를 찾는 알고리즘을 개발하는 것을 목표로 한다. 본 논문은 메타휴리스틱 기법인 타부탐색(tabu search) 알고리즘을 사용한다. 탐색 알고리즘은 먼저 MLCLSP 모형의 정수형 변수들의 값을 결정한다. 이것은 MIP의 MLCLSP를 LP 문제로 완화시킨다. 즉 식 (3)에서 y_{kt} 변수들의 값이 주어지면 이것은 셋업 시간 u_{kjt} 과 곱해지고 우변으로 이항되어 자원 용량 값 c_{jt} 과 함께 계산되면 전체 모델에서 정수형 변수는 없어지고 간단한 심플렉스(simplex) 방법으로 해를 구할 수 있는 LP 문제

가 된다. LP문제의 최적해를 구하는 소프트웨어들이 많이 있다. 본 연구는 LP문제를 모델링하고 계산하는 데 LINGO 소프트웨어를 사용한다. 탐색알고리즘은 지속적으로 더 좋은 정수 변수해를 찾아 나가고 이것은 바로 이어서 LP 문제의 해를 구해봄으로써 그 성능이 평가될 수 있다. 그런 이유로 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 LP 문제풀이와 탐색 알고리즘 간의 협력을 바탕으로 하는 혼성알고리즘(hybrid algorithm)이라 할 수 있다. 탐색알고리즘의 자세한 설명은 다음과 같다.

▶ 타부탐색

타부탐색 알고리즘은 많은 조합최적화 문제에서 근접 최적해를 찾는데 적합하도록 설계된 메타 휴리스틱으로 잘 알려져 있다[18-19]. 타부탐색 절차는 기존 문헌에서 잘 기술되어 있으므로 본 논문에서는 기본적인 설명은 생략하기로 한다. MLCLSP 문제를 위한 이웃해 생성 방안은 다음과 같다. 주어진 해에서 정수형 변수 집합 y_k 중 하나의 변수를 0에서 1 또는 1에서 0으로 변화시킨다. MLCLSP 모형에는 $K \times T$ 개의 y_k 정수형 변수들이 존재하므로, 하나의 현재

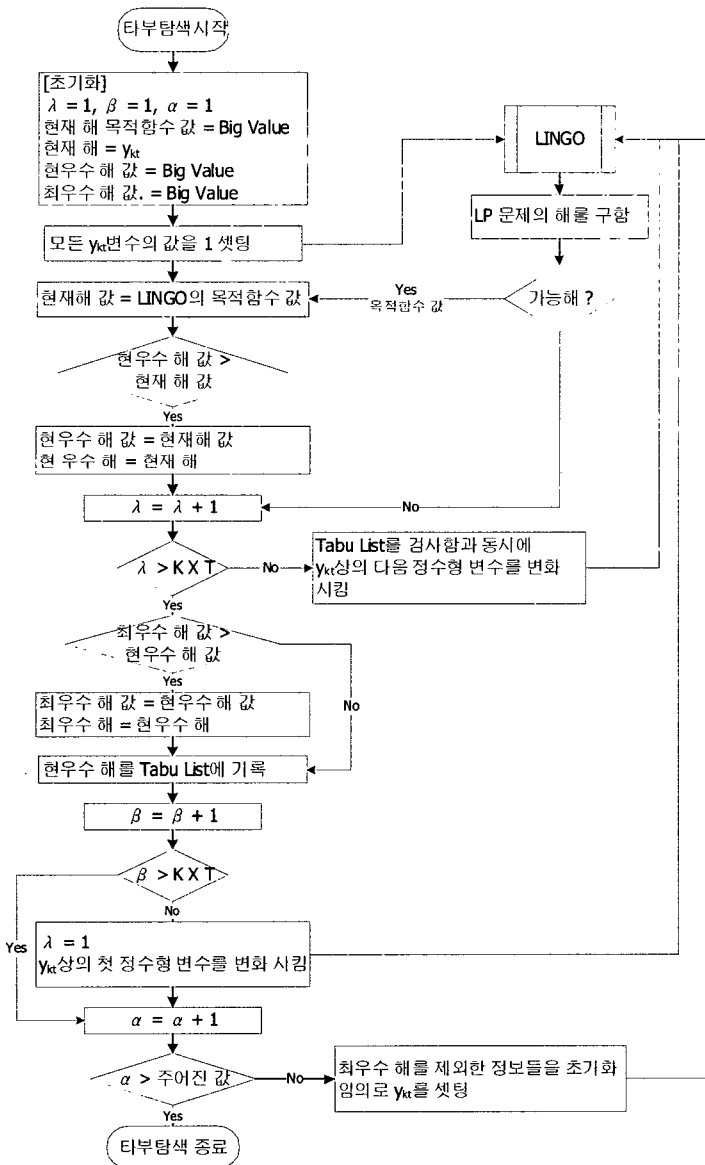


그림 1. 타부탐색 절차

해(current solution)로부터 $K \times T$ 개의 이웃해가 생성된다. 이러한 이웃해들 중 가장 좋은 해로 이동(move)이 일어나며 일회의 탐색이 이루어진다.

그림 1에서 설명되어있는 전체 타부탐색 알고리즘 절차와 같이, 본 논문에서 제안하는 타부탐색은 전체 α 회 동안 반복 수행하고 각 반복 당 임의로 시작점을 정해서 재 시작을 하는 전역탐색(global search)의 성격을 갖도록 하였다. 그 이유는 탐색이 지역해에서 머무르는 것을 방지하고 보다 다양한 해공간을 탐색하게 하기 위함이다. 1회의 타부탐색은 K 회 동안 반복수행을 통해 완성된다. 따라서 타부탐색이 종료하기 위해 수행하는 전체 탐색회수는 1회의 해 이동을 위해 필요한 $K \times T$ 번과 1회의 타부탐색을 위한 $K \times T$ 번 그리고 α 회의 반복, 즉 총 $\alpha \times (K \times T)^2$ 회이다. 타부탐색이 첫 탐색을 시작하는 초기 y_{it} 변수들의 값은 1로 정한다. 임의 재시작을 하는 시점에서는 총 $K \times T$ 개의 정수형 변수들의 값을 각각 0과 1사이에서 임의로 결정하여 시작점을 정한다.

이웃해를 평가하는 과정, 즉 정수형 변수들의 값을 정하고 LINGO 소프트웨어가 LP를 풀 때 만약 비가능해(infeasible solution)의 결과를 얻을 경우에는 그 정수형 변수 조합을 무시하고 다른 이웃해 평가로 넘어간다. 타부탐색 알고리즘은 지역해에 머무르는 것을 방지하기 위해 타부목록(tabu list)을 관리하여 일정량의 해의 이동 정보를 기억한다. 즉 이 기억을 통해 최근에 이동하였던 곳으로 되돌아가는 막는다. 타부목록은 기억할 수 있는 정보의 양(tabu list size)이 정해져 있고 FIFO(first-in-first-out)의 구조로 이루어져있다. 본 논문에서는 기존연구에서 권장하는 바와 같이 타부목록의 크기를 7로 정해 사용한다[20]. 타부목록에 저장되는 해 이동의 속성은 (k, t) 이며, 이것은 정수형 변수 y_{kt} 의 첨자이다. 한번에 하나의 변수를 변화시킴으로써 타부탐색 알고리즘은 LP문제에 민감도 분석(sensitivity analysis)을 적용시킬 수 있고, 그로 인해 새로운 이웃해를 보다 빨리 평가할 수 있으며 전체적인 수행시간을 줄이는 결과를 얻을 수 있다. 자세한 성능평가는 다음 장에서 언급하도록 한다.

4. 실험 및 분석

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 객관적으로 평가하기 위해, 2가지 형태의 제조환경을 갖는 문제에 대해 각각 10개의 문제 데이터를 임의로 생성하였다. 문제 데이터를 임의로 생성하는데 사용된 모수들은 표 1에 정리되어 있다.

2가지 문제형태는 모두 10개의 계획기간을 갖는다. 유형 1 문제는 세 개의제조시설(A, B, C)과 10개의 제품으로 구성되어 있고 유형 2문제는 네 개의제조시설(A, B, C, D)과 15개의 제품으로 구성되어 있다. 제품의 BOM구조와 각 제조시설에서 생산되는 제품의 관계도를 그림 2에서 정리하고 있다. 한 예로, 그림 2(a)는 6개의 중간부품들(1에서 6)과 4개의 최종제품들(7에서 10)이 3곳의 제조시설(A, B, C)에서 생산된다는 것을 보여준다. {1, 2, 3}, {4, 5, 6} 그리고 {7, 8, 9, 10} 제품들은 각각제조시설 A, B 그리고 C에서 생산된다. 일반화의 오류를 피하고 실험을 보다 명료하게 하기 위해, 모든 리드타임과 BOM 상하위 요구량, 그리고 각 제품의 시작재고량을 1로 설정하였다.

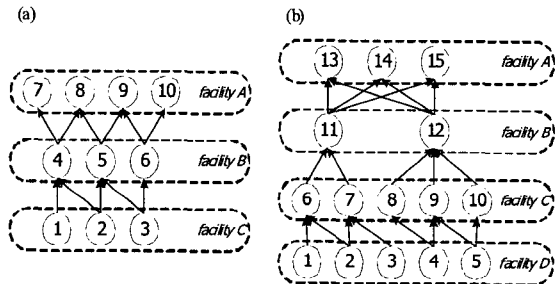


그림 2. 문제 유형별 BOM 구조 : (a)유형 1 and (b)유형 2

표 1. 임의로 문제를 생성하기 위한 모수들

모수	사용값
계획기간의 수 (T)	10
제조시설의 수 (J)	3(A, B, C) / 4(A, B, C, D)
각 기간별 제조시설의 용량 (C_{jt})	1500
리드타임	1
BOM 상하위 요구량 (a_{ki})	1
단위제품당 가공시간 (v_{kit})	Uniform [0.5, 2.0]
셋업시간 (u_{kit})	Uniform [5, 12]
셋업비용 (s_k)	Uniform [10, 30]
재고유지비용 (h_k)	Uniform [1, 10]
기간별 수요량	Uniform [5, 30]
제품 수 (K)	10, 15
임의 재시작 회수 (α)	10, 20, 30

문제크기 및 복잡도와 같은각 문제들의 특성들이 주어진 임의의 생성 데이터에 따라 좌우되므로, 본 논문은 성능평가 척도로서 다음과 같은 총비용비교값(comparison total cost: CTC)을 사용한다:

표 2. 실험결과

유형 1 (CTC)					유형 2 (CTC)				
Prob.No.	$\alpha = 1$	10	20	30	Prob.No.	$\alpha = 1$	10	20	30
1	113.73	100.00	100.00	100.00	1	94.82	81.12	77.19	65.65
2	106.88	100.00	100.00	100.00	2	96.97	83.00	80.70	66.88
3	99.44	99.44	99.44	99.44	3	93.27	81.93	80.99	69.81
4	99.52	99.52	99.52	99.52	4	95.51	80.22	69.91	64.30
5	100.93	100.00	100.00	100.00	5	93.77	83.01	80.56	68.56
6	103.97	100.00	100.00	100.00	6	95.98	82.47	70.20	60.20
7	101.24	100.00	100.00	100.00	7	98.30	85.88	79.21	61.44
8	100.00	100.00	100.00	100.00	8	96.22	83.93	73.41	69.27
9	99.95	95.77	95.77	95.77	9	99.76	84.24	72.58	63.54
10	100.00	100.00	100.00	100.00	10	94.50	89.48	71.27	60.16
평균계산 시간(초)	91.34	978.67	1886.13	2899.67	평균계산 시간(초)	162.11	1601.73	3128.38	4584.19

$$CTC = \frac{S_{TS}}{S_{LINGO}} \times 100 \quad (9)$$

여기서,

S_{TS} = 제안된 타부탐색(TS)에 의해 얻은 총 비용.

S_{LINGO} = MIP문제를 LINGO로 구했을 때 얻은 총 비용.

표 2의 실험결과에서 LINGO에 의해 얻은 MIP문제의 해 (S_{LINGO})는 문제유형 1의 경우 1,000초 유형 2의 경우 10,000초의 수행시간 한도로 구한 결과다. 유형 1의 경우를 보면, 임의 재시작 탐색을 수행하지 않았을 때($\alpha = 1$), 50%의 비율 즉 10문제 중 5개의 문제에서 S_{LINGO} 보다 10분의 1의 계산시간으로 좋은 해를 얻었다. 임의 재시작 탐색을 수행한 뒤에는 모든 경우 S_{LINGO} 보다 좋거나 같은 결과의 해를 얻었다. CTC 값의 결과가 100.00인 경우는 최적해를 찾았을 때이다. 계산시간이 거의 유사한 α 의 값이 10인 경우, 10개의 문제 중 7개의 문제에서 최적해를 찾았고 3개의 문제에서는 S_{LINGO} 보다 더 좋은 해를 찾았다.

문제 유형 2의 경우에는 임의 재시작 탐색을 수행하지 않았을 때($\alpha = 1$)에도 모든 경우에 있어서 약 62분의 1의 계산시간으로 약 4.1%의 더 좋은 해를 찾았다. 또한 임의 재시작 탐색회수가 30인 경우 약 2분의 1의 계산 시간으로 S_{LINGO} 보다 32.2% 더 좋은 해를 얻었다. 위의 실험결과를 요약하면, 본 논문에서 제안한 알고리즘이 훨씬 적은 계산시간으로 좋은 해를 찾아낸다는 것을 알 수 있고 문제 크기가 커지고 현실적이 될수록 제안한 탐색알고리즘이 LINGO보다 효

용성이 커짐을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 공급사슬망에서 자원제약을 갖는 다단계 다품목 로트사이즈 결정 문제, MLCLSP를 풀기 위한 휴리스틱 탐색알고리즘을 제안하였다. MLCLSP는 MIP문제에 해당하므로 최적해를 효율적으로 구하는 알고리즘이 존재하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 휴리스틱과 최적화 패키지인 LINGO를 이용해 서로 반복적인 방식으로 해를 풀어어나가는 혼성적인 성격의 임의 재시작 타부탐색 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘을 다양한 시나리오의 실험을 통해 성능을 평가하였고 LINGO보다 매우 짧은 시간 내에 훨씬 좋은 해를 찾아 내는 것을 보였고 현실적인 문제에의 적용가능성을 입증하였다. 향후에 수요가 불확실하게 주어질 경우 및 정보가 부분적으로 공유되는 공급사슬망에 대해서 추가 연구가 필요하다

참고문헌

- [1] Ertogral, K. and Wu, S. D (2000) Auction-theoretic coordination of production planning in the supply chain, IIE Transactions, Vol. 32. pp. 931-940.
- [2] Kuik, R., Salomon, M., Van Wassenhove, L. N., and Maes, J., (1993), Linear Programming, Simulated Annealing and Tabu Search Heuristics for Lotsizing in

- Bottleneck Assembly Systems, IIE Transactions, Vol. 25, No. 1, pp. 62-72.
- [3] Roundy, R. O., (1993), Efficient, Effective Lot Sizing for Multistage Production Systems, Operations Research, Vol. 41, pp. 371-385.
- [4] Kimms, A., (1996), Competitive Methods for Multi-level Lot Sizing and Scheduling: Tabu search and Randomized Regrets, International Journal of Production Research, Vol. 34, No. 8, pp. 2279-2298.
- [5] Meas, J., McClain, J. O. and Van Wassenhove, L. N., (1991), Multi-level Capacitated Lotsizing Complexity and LP-based Heuristics, European Journal of Operational Research, Vol. 53, pp. 131-148.
- [6] Kuik, R. and Salomon, M., (1994), Batching Decisions: Structure and Models, European Journal of Operational Research, Vol. 75, pp. 243-260.
- [7] Hung, Y. F. and Hu, Y. C., (1998), Solving Mixed Integer Programming Production Planning Problems with Setups by Shadow Price Information, Computers and Operations Research, Vol. 25, pp. 1027-1042.
- [8] Bahl, H. C., Ritzman, L. P. and Gupta, J. N. D., (1987), Determining Lot Sizes and Resource Requirement: a Review, Operations Research, Vol. 35, pp. 329-345.
- [9] Bahl, H. C. and Ritzman, L. P., (1984), An Integrated Model for Master Scheduling, Lot Sizing and Capacity Requirements Planning, Journal of the Operational Research Society, Vol. 35, pp. 389-399.
- [10] Florian, M., Lenstra, J. K. and Rinnooy Kan A. H. G., (1980), Deterministic Production Planning Algorithms and Complexity, Management Science, Vol. 26, pp. 669-679.
- [11] Hung, Y. F. and Chien, K. L., (2000), A Multi-Class Multi-Level Capacitated Lot Sizing Model, Journal of the Operational Research Society, Vol. 51, No. 11 pp. 1309-1318.
- [12] Tempelmeier, H. and Helber, S., (1994), A Heuristic for Dynamic Multi-Item Multi-Level Capacitated Lotsizing for General Product Structures, European Journal of Operational Research, Vol. 75, pp. 296-311.
- [13] Tempelmeier, H. and Derstroff, M., (1996), A Lagrangian-Based Heuristic for Dynamic Multilevel Multiitem Constrained Lotsizing with Setup Times, Management Science, Vol. 42, No. 1, pp. 738-757.
- [14] Ross, A.D.: A Two-Phsed Approach to the Supply Network Reconfiguration Problem. European Journal of Operational Research, Vol. 122. (2000) 18-30.
- [15] Jayaraman, V. and Ross, A.: ASimulated Annealing Methodology to Distribution Network Design and Management. European Journal of Operational Research, Vol. 144. (2003) 629-645.
- [16] Vergana, F.E., Khouja, M. and Michalewicz, Z.: An Evolutionary Algorithm for Optimizing Material Flow in Supply Chain. Computers and Industrial Engineering, Vol. 43. (2002) 407-421.
- [17] Stadler, H.: Mixed Integer Programming Model Formulations for Dynamic Multi-Item, Multi-Level Capacitated Lotsizing. European Journal of Operational Research, Vol. 94. (1996) 561-581.
- [18] GLOVER, F., 1989, Tabu search Part I. *ORSA Journal on Computing*, 1, 190-206.
- [19] GLOVER, F., 1990, Tabu search Part II. *ORSA Journal on Computing*, 2, 4-32.
- [20] LAGUNA, M., BARNES, J. W., and GLOVER, F., 1991, Tabu search methods for single machine scheduling problems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2, 63-74.

신 현 준(Hyun-Joon Shin)

[종신회원]



- 1995년 2월 : 고려대학교 산업공학과 (공학사)
- 1997년 2월 : 고려대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 고려대학교 산업공학과(공학박사)
- 2002년 5월 ~ 2004년 4월: 미국 Texas A&M대학교 산업공학과 Post-Doc

- 2004년 6월 ~ 2005년 2월: (주)삼성전자 LCD총괄 책임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 산업정보시스템공학과 전임강사

<관심분야>

생산관리, 공급사슬망관리, 스케줄링, 금융공학