

구매자 주도 협상방법론을 통한 최적 공급사슬 구성 알고리즘

조재형* · 김현수** · 최형림** · 홍순구** · 손정하***

* 부산외국어대학교 국제통상지역원 초빙교수

** 동아대학교 경영정보과학부 교수

** 동아대학교 경영정보학과 석사과정

요 약

동적 공급사슬망은 복잡하고 다양한 이해관계를 가진 기업들로 구성되어 있다. 다수의 구매자로부터 주문 의뢰가 동시다발적으로 발생하므로 하위 구성원들은 경쟁적 관계에 놓이게 된다. 그러므로 최적의 공급사슬구성을 위해서는 수평적 경쟁 관계를 고려하여 구성주체들간의 협력관계를 통해 이를 해결하여야 한다. 지금까지의 스케줄링 문제에서는 상위의 구성원이 하위 구성원들을 일방적으로 선택하는 의사결정이 이루어졌으나 본 문제에서는 구성원간의 협력관계에서 에이전트를 통한 다자간 협상을 통해 공급사슬 전체의 최적화를 구성하는 방법론을 제시한다. 본 협상방법론은 단일기계에서 상이한 납기일, 조기생산(earliness), 지연생산(tardiness)을 동시에 고려하였으며 전체 공급사슬의 평균절대편차(Mean Absolute Deviation)의 최소화를 목적으로 하고 있다. 본 협상방법론의 효과성을 증명하기 위해 분지한계법(Branch & Bound)과 비교하고, 알고리즘 구현을 통해 구매자 협상방법론의 최적화 여부를 실험을 통해 증명하였다.

1. 서론

동적인 공급사슬환경에서 발생하는 많은 문제 중 하나는 최적의 스케줄을 발견하여 이에 대한 구성원을 선정하는 문제이다[이경전 외 5인 2002]. 특히 공급사슬 구성원들간의 관계가 복잡해지고, 비즈니스 환경이 확대되면서 이제 공급사슬 구성은 구성주체들 간의 협력관계를 통해 풀어 나가야한다.

지금까지 최적의 공급사슬구성을 위한 문제는 작업의 순서과정을 결정하기 위한 스케줄링의 연구가 주류를 이루었고, 특히 발견적 기법(Heuristics), 우선순위규칙(Dispatching Rule), 추계적 최적화(Stochastic Optimization)를 이용한 연구가 집중적으로 이루어졌다[Baker 외 1인 1990]. 그러나 지금까지의 스케줄링 연구가 다양한 척도와 다목적 의사결정으로 진행되어져 왔으나 공급사슬환경을 경쟁적 관계에서의 협력까지 고려하지는 못하였다[이동현 외 4인 1999, 조성아 외 3인 1998]. 이것은 지배적인 영향력을 갖는 기업들의 경우처럼 수직적인 공급사슬의 조직을 유연적 조정을 통해 통합하는데 중점이 되었다.

에이전트를 이용한 스케줄링은 상당한 잠재력을 가지고 있음에도 불구하고 시스템 개발에 드는 노력이 매우 크기 때문에 제한적으로 사용되어왔다. 또한 에이전트 분야에서 멀티에이전트 시스템, 협력 시스템 등을 통해 각 구성원 에이전트간의 상호협력력을 통한 통합과정이 중요하게 다루어져 왔

으나, 각 에이전트는 자신의 지역적 목적만을 달성할 뿐 동적 공급사슬 전체의 입장에서 최적화를 고려하지는 못하였다.

그러므로 본 연구에서는 공급사슬 전체를 최소의 비용으로 구성하기 위해 상이한 납기일(distinct due date), 조기생산(earliness), 지연생산(tardiness)을 고려하였으며 지역적 목적을 가진 각 에이전트간의 경쟁적 협력과 협상을 통해 최적의 공급사슬망을 구성할 수 있는 구매자 주도 협상방법론을 제안하였다. 본 방법론의 효과성을 증명하기 위해 분지한계법(Branch & Bound)의 최적해와 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 단일 기계의 E/T모델에 대한 선행연구를 살펴보고, 본 연구에서 적용할 스케줄링을 소개한다. 그리고 본 연구의 공급사슬망에 대한 문제를 정의한다. 3장에서는 분지한계법을 통해 최적해를 도출하는 방법을 소개하고 4장에서는 에이전트를 이용한 구매자간의 협상방법론과 알고리즘을 소개한다. 또한 알고리즘 구현을 통해 구매자 협상방법론의 최적화 여부를 실험을 통해 증명한다. 5장에서는 본 연구의 한계점을 설명하고 향후 연구를 소개한다.

2. SET 모델에서의 문제정의

2.1 SET 모델(Single machine Earliness/Tardiness Model)

지난 수십년간 스케줄링 연구는 1980년 대 일본

에서 유래된 "just-in-time"의 개념이 소개되면서 조기생산(earliness)과 지연생산(tardiness)를 동시에 고려한 비정규평가함수(irregular measure)의 중요성을 강조하였다[Kim Y.D 외 1인 1994]. 특히 Baker와 Scudder[1990]는 단일기계(single machine)에서의 E/T모델을 목적함수, 제약조건, 주어진 가정에 따라 정리하였으며, 이를 확대하여 기계의 수에 따라 분류하기도 하였다.

단일기계에서 가장 기본적인 E/T모델의 목적함수를 정리하면 다음과 같다.

$$f(S) = \sum_{i=1}^n [ai(di - Ci)^+ + \beta i(Ci - di)^+] = \sum_{i=1}^n [aiEi + \beta iTi] \quad ①$$

Ei : earliness, Ti : tardiness

Ci : completion date, di : due date

Ei = max(0, di - Ci) = (di - Ci)+

Ti = max(0, Ci - di) = (Ci - di)+

ai, βi : a unit earliness penalty, a unit tardiness penalty

<식1>에서 지연생산(tardiness)이 납기일 준수라는 고객과의 신뢰를 지키기 못함으로써 발생하는 비용으로 볼 수 있다면, 조기생산(earliness)은 재고비용과 관련된 비용으로 모두 제조자가 부담해야 할 비용이다. 그러므로 이상적인 일정계획은 모든 작업들을 정확하게 각각의 납기일에 맞추는 것이다. 특히 납기와 작업 완료시점간의 편차를 최소화하는 것이 목적이며 이는 곧 지연생산비용과 조기생산비용의 합을 최소화하는 것이다(<식2>참조), [Baker 외 1인 1990, George Li 1997, Kim Y.D 외 1인 1994, Peng Si OW 외 1인, 1989].

$$\text{Minimize } f(S) = \sum_{i=1}^n |Ci - di| = \sum_{i=1}^n (Ei + Ti) \quad ②$$

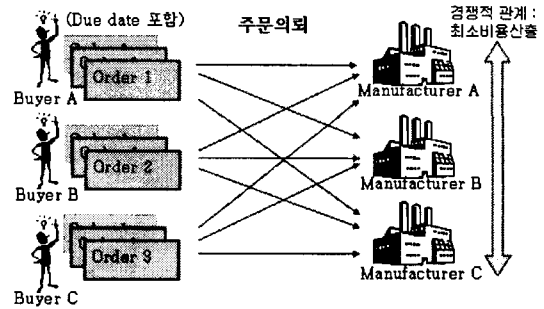
2.2 문제의 정의

본 문제는 주문-제조업체(Make-To-Order)의 경우로써 고객의 주문이 접수된 후에 제품생산이 이루어지는 경우로, 제조자는 재고를 확보하지 않고 있다. 제조자는 <식3>과 같이 납기일을 중요시하는 제조비용, 지연생산비용, 조기생산비용으로 구성된 CTP 함수(Capable To Promise)를 고려한다. CTP 함수는 각 주문의 공정순서에 따라 달라지고 각 제조자는 주문에 따라 자신만의 CTP함수를 가지고 있다.

$$f_{CTP} = f_{\text{manufacture}} + f_{\text{tardiness}} + f_{\text{earliness}} \quad ③$$

특히 작업의 일정이 납기일을 준수하지 못하는 문제(Restricted Problem)를 고려하였는데 이는 작

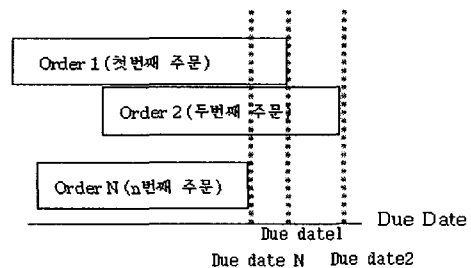
업의 공정(processing time)이 각 주문마다 정해진 납기일(distinct due date)을 초과하는 경우이다 [Kim Y.D 외 1인 1994].



(그림 1) 다수의 구매자와 공급자로 구성된 공급사슬망 문제

본 문제에서 다루게 되는 공급사슬구성의 범위는 다수 구매자와 다수 제조자의 관계만을 다루었다. (그림 1)과 같이 다수의 구매자는 1개 이상의 주문을 공급사슬망에 존재하는 모든 제조자에게 의뢰하게 된다. 주문건적 의뢰를 받은 제조자는 각 주문에 필요한 부품건적을 공급자로부터 확보한 상태에서 제품 생산에 대한 최적의 일정계획을 수립하게 된다. 이때 각 제조자간에 생산하는 제품 품질간에는 차이가 없으며 단지 CTP함수에 따라 생산비용의 차이만 있는 것으로 가정한다. 또한 각 구매자가 주문을 의뢰하는 시기(time)가 같거나 비슷한 시기에 들어온 것으로 가정한다.

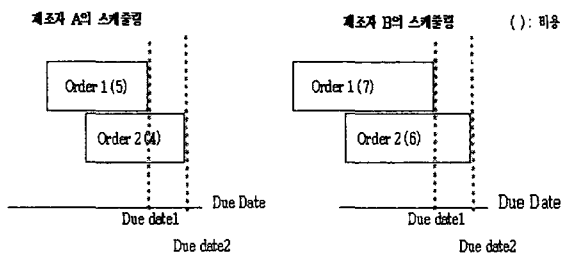
제조자는 다수의 구매자로부터 받은 주문에 대한 건적을 독립적으로 인식하여 처리한다. 이것은 먼저 들어온 주문을 E/T모델을 고려하여 각 주문의 납기일에 맞추어 건적을 제시하나, (그림 2)와 같이 아직 구매자로부터 확정을 받지 못한 상태이므로 뒤에 들어오는 주문의 건적에 대해서도 이들을 독립적으로 스케줄링하게 된다.



(그림 2) 개별 주문 단위의 제조자 스케줄링

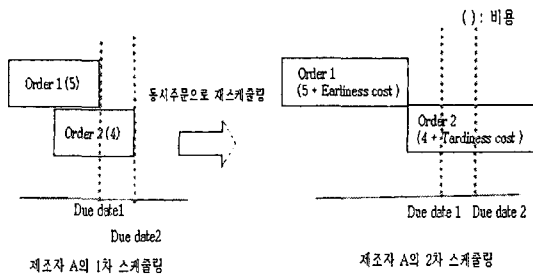
문제를 좀 더 단순화시켜 살펴보도록 하자. 구

매자 A는 주문 1을, 구매자 B는 주문 2를 공급사슬망에 존재하는 제조자 A와 B에게 견적을 요청하였다. 제조자 A와 B는 (그림 3)과 같이 주문에 대한 견적을 스케줄링하여 각각의 구매자에게 제시한다. 이 때 ()안의 비용은 제조비용이다. 왜냐하면 이 때는 지연생산비용과 조기생산비용이 없기 때문이다. 또한 제조자의 견적비용은 서로 알 수 없다. 제조자의 견적비용을 받은 모든 구매자들은 이 중 가장 저렴한 제조자를 선택하여 주문을 의뢰하게 된다.



(그림 3) SET모델에서의 스케줄링 문제

그림 3의 예에서는 제조자 A가 두 주문의 견적 비용을 제조자 B보다 모두 저렴하게 제시하여 모든 구매자의 주문을 받게 되는 경우를 보이고 있다. 이러한 경우 제조자 A는 확정적으로 제조의뢰를 받았기 때문에 독립적으로 스케줄링 되었던 주문을 이제는 모두 동시에 고려하여 스케줄링하여야 한다. 2차 스케줄링에서는 E/T 모델에 의해 주문들의 제조 우선순위를 결정한다. 이때 우선권을 가진 주문의 공정(주문1)에서는 조기생산으로 인해 조기생산비용이 발생할 수 있으며, 뒤에 공정하게 하게 될 주문(주문2)은 납기일을 지키지 못함으로써 지연생산비용이 발생할 수 있다.



(그림 4) 동시주문을 고려한 SET모델에서의 Sequencing 스케줄링

모든 주문을 동시에 고려하여 재스케줄링 함으로써 조기생산과 지연생산이 발생되고, 이때 제조

자가 1차 견적 시에 산출되었던 초기비용보다 상승하게 된다. 이러한 조기생산과 지연생산의 추가 비용은 납기와 작업 완료시점간의 편차만큼 증가하게 된다. (<식 2> 참조)

제조자는 2차 스케줄링을 통해 산출된 각 주문의 비용을 다시 구매자에게 제시하게 되는데, 구매자들은 1차 견적보다 증가된 비용으로 인해, 제조자의 선정을 다시 고려하게 된다. 결국 견적시 얘기치 못했던 주문의 집중은 전체 공급사슬망의 최적구성을 위한 구매자들 간의 제조자 재선택을 요구하게 된다. 결국 제조비용이 어떤 공급사슬망을 선택하는가에 따라 동적으로 변하는 상황에서 최적 공급사슬망을 어떻게 구성하는가의 문제가 된다.

3. 분지 한계법을 이용한 최적해 도출

본 문제의 최적해를 구하기 위해 분지한계법(Branch & Bound)을 이용한다. 본 방법은 일반적인 스케줄링에서의 분지한계법과는 상이하다. 앞서 문제정의에서 서술한 바와 같이 공급사슬망 환경이 경쟁적 관계에 있으므로, 하나의 제조자가 모든 주문을 처리하는 경우와 다른 제조자와 함께 주문을 나누어 처리하는 경우로 나뉘어진다. 즉, 제조자간 주문의 수를 어떻게 배분하느냐가 중요하다. 간단한 시나리오를 통해 분지한계법을 설명하면 다음과 같다.

<표 1> 분지한계법에서의 문제정의

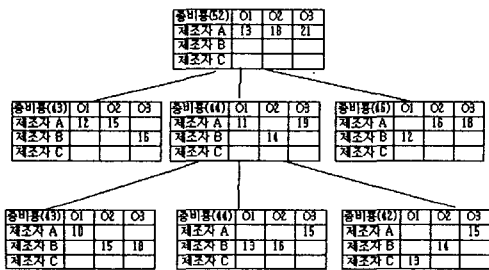
	제조자 A			제조자 B			제조자 C		
	주문 1	주문 2	주문 3	주문 1	주문 2	주문 3	주문 1	주문 2	주문 3
1차 견적비용	10	12	15	12	14	16	13	16	23
2차 견적비용	13	18	21						

<표 1>과 같이 3개의 제조자와 3개의 주문이 있다고 가정한다. 이때 모든 주문이 제조자 A의 견적비용이 가장 저렴하므로 구매자로부터 동시주문이 발생한다고 하자. 제조자 A가 3개의 주문을 동시에 스케줄링하였을 경우 SET모델에 의해 1차 견적비용보다는 상승하게 되므로 다른 제조자와의 협력을 통해 이 비용을 감소시켜야 한다. 제조자 A의 동시주문이 발생했을 때, 고려할 수 있는 다른 제조자와 주문의 조합은 <표2>와 같다.

<표 2> 제조자와 주문의 조합

주문조합 제조자조합	제조자 A가 2개, 타 제조자가 1개의 주문을 처리	제조자 A가 1개, 타 제조자가 2개의 주문을 처리
A / B	(1,2 / 3) (1,3 / 2) (2,3 / 1)	(1 / 2,3) (2 / 1,3) (3 / 1,2)
A / C	(1,2 / 3) (1,3 / 2) (2,3 / 1)	(1 / 2,3) (2 / 1,3) (3 / 1,2)
A / B / C	(1 / 2 / 3) (1 / 3 / 2) (2 / 3 / 1) (2 / 1 / 3) (3 / 2 / 1) (3 / 1 / 2)	

본 문제에서의 분지한계법은 모든 비용을 안다고 가정함으로써 각 분지별로 각 비용 테이블을 나타낼 수 있다. (그림 5)는 <표2>를 나타낸 제조자-주문조합별 분지 테이블을 나타낸 경우이다. 분지한계법에서는 지금까지의 모든 경로를 다 기억해서 가장 최소의 경로로만 계속 분지하고 그 최소값이 한계로 설정되어 그 이상의 값이 나오면 분지를 하지 않는다. 분지한계법은 문제의 규모가 커질수록 급격히 계산시간이 급증하며, 공급사슬망을 누군가 중앙에서 통제할 수 있다는 가정에 기초하여 다자간 동등거래를 추구하는 공급사슬망 관리에는 부적합하다.



(그림 5) 제조자 A의 동시주문으로 발생할 수 있는 분지테이블의 예

4. 구매자 주도 협상방법론

4.1 협상요소 및 알고리즘 정의

본 현상방법론은 구매자간의 협상을 전제로 하고 있다. 제조자는 다만 구매자가 비용을 의뢰하였을 경우 그에 대한 대답을 하는 기능만을 제공한다. 협상을 주도하는 본 협상방법론은 크게 두가지로 구성된다. 첫째는 구매자가 자신의 주문을 공급망 전체에 존재하는 제조자에게 의뢰하고, 제조자는 주문에 대한 견적비용을 스케줄링(1차)하여 구매자에게 제시한다. 제시된 주문견적비용을 가지고 모든 구매자는 최소의 비용을 선택하며, 이때 최소 비용을 제시한 제조자가 두개이상의 구매자로부터

동시에 주문의뢰를 받게되면, 제조자는 의뢰받은 모든 주문에 대하여 재스케줄링(2차)을 하게된다. 만약 1차 견적비용보다 상승하게 되면, 구매자는 이를 수용하지 않고, 구매자간의 협상에 들어간다. 협상방법론 두 번째는 구매자간의 협상이 시작되는 부분으로 1차견적비용과 2차견적비용과의 차액을 이용하여 협상주도 구매자와 제시될 협상금액, 그리고 협상대상 구매자와 손실비용을 결정하게된다. 협상주도 구매자와 협상대상 구매자는 협력관계에서 서로가 손실을 보지않고, 이익을 얻을 수 있도록 협상을 하게되며, 이를 통해 최선의 제조자를 선택하고 최적의 공급사슬망을 구성하게된다. 이 때의 최적 공급사슬망은 파레토 최적임과 동시에 모든 제조자들의 비용의 합을 최소로 하는 공급사슬망이 된다. 본 협상방법론을 위한 협상요소 정의와 알고리즘 흐름도는 다음과 같다.

<협상요소의 정의>

- **현재상태 획득**
현재상태 획득은 각 구매자가 주문에 참여하는 제조자의 첫번째 스케줄링에 의해 산출된 견적비용을 획득하는 것을 말한다.
- **최선책 발견**
최선책 발견은 제조자가 제시한 현재상태획득 비용 중 가장 최소의 값을 선택하는 것을 말한다.
- **동시주문 발생**
2개 이상의 구매자 최선책, 또는 차선책 발견이 같은 제조자에서 발생하면 이를 동시주문이라고 하고, 이때 제조자는 모든 주문을 동시에 고려하여 재 스케줄링하게 된다.
- **현재수정상태 획득**
현재 수정상태 획득은 제조자가 동시주문으로 인해 재스케줄링을 하여 앞선 스케줄링 비용에 대한 새로운 견적값을 제시하고 이를 구매자가 획득하는 것을 말한다.
- **최대이득치 선택 및 협상주도구매자, 협상대상 구매자 결정**
현재수정상태와 최선책의 차액을 최대이득치라고 하며 이때 가장 큰 값을 가지는 구매자가 협상주도구매자가 된다. 이외의 구매자가 협상대상구매자가 된다.
- **차선책 발견 및 차선이득치 선택**
차선책 발견은 현재수정상태 획득에서 최선책을 제외하고 이동할 수 있는 비용중에 최소값을 선택하는 것을 말한다. 차선이득치는 현재 수정상태에서 차선책의 차액을 말한다.

- 기존 구매자 존재 및 경쟁자보상비용 발생
구매자의 차선택 이동 시 이동하고자 하는 제조자에 이미 다른 구매자가 존재하고 있으면 이를 기존 구매자 존재라 한다. 새로운 구매자가 들어감으로 인해 기존 구매자와의 동시주문이 발생하여 현재수정상태 획득이 발생한다. 이때 기존구매자의 현재수정상태 획득으로 인해 증가하는 비용을 경쟁자보상비용이라고 한다.

- 이동보상비용
이동보상비용은 협상주도구매자의 의뢰에 의해 협상대상구매자가 자신의 최선택을 포기하고 현재수정상태에서 동일주문의 타 제조자로 최종적으로 이동 시에 발생하는 비용으로 현재수정상태에서 최종 이동경로비용을 차액한 값이다.

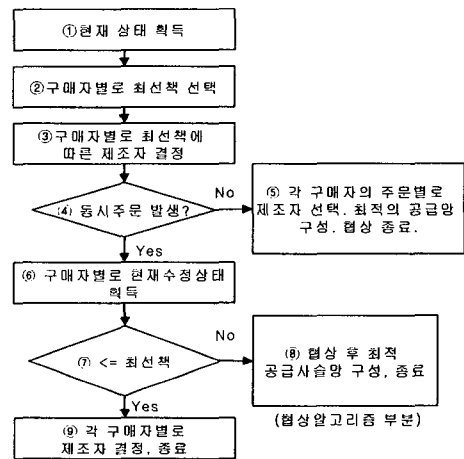
- 이동손실비용
이동손실비용은 협상주도구매자가 자신의 차선택으로 이동 시 기존 구매자 존재로 인해 동시주문이 발생되고 최종적으로 이동 시에 발생하는 비용으로 현재수정상태에서 최종 이동경로비용을 차액한 값이다.

- 진입비용 발생
진입비용은 기존 구매자 존재로 인해 발생하는 동시주문으로 경쟁자보상비용과 이동보상(손실)비용의 합이다. 차선택에서 진입비용을 구한 후 차선택을 제외한 동일주문의 타 제조자가 존재하면 모두 이동하여 현재수정상태를 취득하거나 동시주문이 발생 시에는 최종차선택이득치, 기존 경쟁자 존재시에는 진입비용을 모두 구한다. 이 중 가장 최대값으로 이동하게 된다. 이것이 차선택의 최종 이동경로비용이 된다.

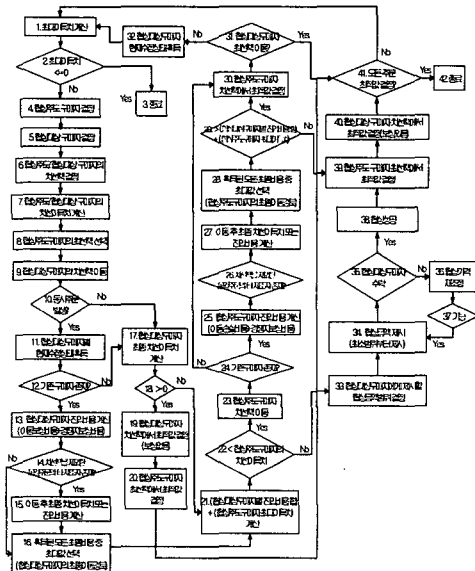
- 협상주도구매자의 협상금액
협상주도구매자가 협상대상구매자에게 차선택으로 이동할 것을 의뢰할 때 차선택의 최종 이동경로비용이 현재수정상태보다 증가한 비용분에 대한 보상이 협상금액이다.

- 최종이득치 & 라인이득치
최종이득치는 협상으로 인한 각 주문의 이동 후 현재수정상태와 이동 후의 비용을 차액한 값을 말하며 라인이득치는 같은 라인에서 모든 주문의 최종이득치 합계이다.

다음으로 구매자 주도 협상방법론의 전체 흐름도는 (그림 6)에서 살펴볼 수 있으며, 전체 알고리즘 중 구매자간의 본격적인 협상을 통해 전체 공급사슬의 최적구성을 이루는 알고리즘은 (그림 7)에서 흐름도로 표현하였다.



(그림 6) 구매자와 제조자간의 주문생산을 위한 전체 알고리즘 흐름도



(그림 7) 구매자간의 협상을 통한 최적 공급망 구성을 위한 협상 알고리즘

4.2 시나리오 구성

본 협상방법론을 적용한 간단한 시나리오를 살펴 보도록 하자. 구매자 A는 주문1, 구매자 B는 주문2, 구매자 C는 주문3을 3개의 제조자에게 주문 건적을 의뢰하였다. 3개의 제조자는 3개의 주문에 대해 각각 1차 견적비용을 제시한다(현재상태 획득).

1차 견적비용을 가지고 각 구매자는 최선택을 선택하게 되는데, 구매자 A는 제조자 A의 10, 구매자 B는 제조자 A의 12, 구매자 C는 제조자 A의 15가 최소의 비용이다(각 구매자의 최선택). 모든 구매자의 최선택에 따른 제조자가 A이므로 동시주문이 발생한다. 그러므로 제조자 A는 3개의 주

문을 동시 고려하여 재스케줄링을 한 2차 견적비용을 각 구매자에게 제시하게 된다(현재수정상태 획득). 각 구매자는 2차 견적비용이 모두 상승되었으므로 구매자간 협상이 발생된다. 먼저 최대이득치(현재수정상태와 최선택의 차액)를 계산한 결과, 주문1은 +3, 주문2는 +6, 주문3도 +6의 비용이 증가하였다. 이것은 다시 말해 각 구매자가 제조자 A와 독점계약을 함으로써 얻을 수 있는 이득이 된다. 주문2와 주문3의 최대이득치가 같으므로 1차 견적비용과의 누적합계가 큰 주문3(구매자 C)이 협상주도구매자가 된다. 그리고 구매자 A와 B는 협상대상구매자가 된다.

이제 1차 협상이 발생한다. 이때 협상주도구매자와 협상대상구매자는 차선택과 차선이득치(현재수정상태와 차선택의 차액)를 결정한다. 구매자 C의 차선택과 차선이득치는 제조자 B의 16이고 차선이득치는 +5, 구매자 A는 제조자 B의 12와 차선이득치는 +1, 구매자 B는 제조자 B의 14와 차선이득치는 +4가 된다. 협상주도구매자인 C는 자신이 최선택을 선택함으로써 6만큼의 최대이득치를 얻을 수 있으므로 협상대상구매자인 A와 B에게 차선택으로 이동해 줄 것을 의뢰한다. 협상대상구매자는 차선택으로 이동함으로써 현재수정상태보다 비용이 감소하므로 의뢰를 받아들이나 협상대상구매자의 차선택이 모두 제조자 B이므로 역시


동시주문이 발생된다. 제조자 B는 2차 견적비용을 제시하는데, 주문1은 15, 주문2는 20으로 상승된다. 따라서 협상대상구매자인 A와 B는 차선택으로 이동함으로써 발생하는 손실(최종 차선이득치)을 계산한다. 협상대상구매자 A와 B의 손실이 각각 -2, -2가 되므로 협상주도구매자 C는 최소한 4이상의 협상금액을 제시해야 한다. 결국 협상주도구매자의 최대이득치는 6에서 2로 줄어들게 된다. 따라서 협상주도구매자 C는 자신이 차선택으로 이동하는 이득(+5)이 크므로 제조자 B로 이동한다. 이때 협상주도구매자의 최적값이 결정된다. 협상대상구매자였던 A와 B는 협상주도구매자 C가 이동함으로써 현재수정상태의 비용이 감소하게 된다. 예를 들어 비용이 주문1은 -1, 주문2는 -3이 감소했다면, 현재수정상태 비용이 12와 15가 된다.


다음으로 2차 협상이 발생하는데, 1차 협상 결과 후 협상대상구매자는 역시 동시주문이 발생한 상태이므로, 제조자 A에 남겨진 협상대상구매자 중 구매자 B가 최선택인 제조자 A를 차지함으로써 최대이득치가 +6이 된다. 그리고 구매자 A에게 차선택으로 이동할 것으로 요구한다. 구매자 A는 차선택으로 이동하였으나 1차 협상 시 협상주도구매자였던 구매자 C와 동시주문이 발생하여 구매자 A는 -2의 손실이, 구매자 C는 이득이 4가 감소하였다. 구매자 B는 이러한 손실비용으로 -2만큼의 협상비


<표 3> 협상방법론의 문제정의(3개의 주문과 3개의 제조자인 경우)

		제조자 A			제조자 B			제조자 C		
		주문 1	주문 2	주문 3	주문 1	주문 2	주문 3	주문 1	주문 2	주문 3
1차 견적비용(현재상태)		10	12	15	12	14	16	13	16	23
2차 견적비용(현재수정상태)		13(+3)	18(+6)	21(+6)	15	20				
1차 협상	협상대상구매자의 차선택 이동			15(+6)	12(+1)	14(+4)				
	협상대상구매자의 차선택 이동 시 동시비용 발생			15(+6)	15(-2)	20(-2)				
	협상주도구매자의 차선택 이동	13(0)	18(0)				16(+5)			
	협상대상구매자의 동시주문비용 변화	12(1)	15(+3)				16(+5)			
2차 협상	협상대상구매자의 차선택 이동		12(+6)		12(1)		16(+5)			
	협상대상구매자의 차선택 이동 시 동시비용 발생		12(+6)		15(-2)		20(+1)			
	협상주도구매자의 차선택 이동	10(+3)				14(4)	16(+5)			
	협상주도구매자의 차선택 이동 시 동시비용 발생	10(+3)				21(-3)	22(-1)			
3차 협상	협상대상구매자의 차선택 이동		12(+6)				16(+5)	13(0)		
	협상주도구매자의 차선택 이동		12(+6)		12(-1)					23(-2)
최종이득치			+4				+4	+1		

(+a) : 이득, (-a) : 손실

 협상후결과

 최선택

 차선택

용을 지불하여야 한다. 다음으로 2차 협상의 협상 주도구매자 B가 차선책으로 이동하였으나 역시 동시주문이 발생하여 손실이 발생한다. 협상주도구매자 B는 자신이 차선책으로 이동할 때의 손실이 -4로 더욱 크므로, 자신이 최선책에 남아있기로 결정한다. 결국 2차 협상 후 구매자 B는 2만큼의 협상 비용을 제시하고 이득은 4로 줄어들었다.

이제 3차협상이 발생한다. 2차 협상의 결과, 차선책에서 동시주문이 발생하고 있으므로, 이중 다시 더 큰 손실이 발생한 구매자 C가 차선책에 남고, 구매자 A가 차차선책으로 이동한다. 이때의 손실은 없다. 그리고, 마지막으로 구매자 C가 차선책으로 이동하나, 자신의 손실이 -2가 발생하므로 차선책에 남아있고, 최종적으로 구매자 A가 차차선책인 제조자 A에 이동한다. 그리고 구매자 C는 구매자 A에게 협상비용으로 1을 보상하게 된다.

결론적으로 구매자 C는 현재수정상태에서 결정되는 것보다 최소 +4의 이득이 생기고, 구매자 A는 최소 1의 이득, 구매자 B는 최대 +4만큼의 이득을 보게된다. 전체 공급사슬망의 최적구성은 구매자 A가 제조자 C(비용 13), 구매자 B가 제조자 A(비용 12), 구매자 C가 제조자 B(비용 16)로 전체비용은 41로 최소가 된다.

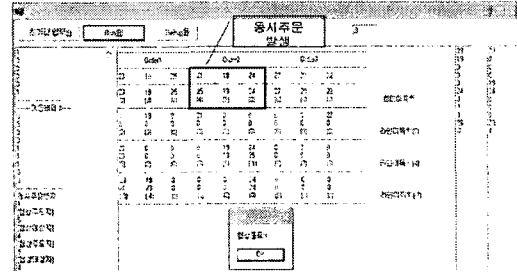
4.3 최적화 실험

앞서 살펴본 구매자 주도 협상방법론의 알고리즘과 시나리오를 토대로 실험을 진행하였다. 실험은 본 협상방법론의 알고리즘을 통해 전체공급사슬망의 최적화가 달성될 수 있음을 증명하는데 중점을 두었다. 실험을 진행하기 위해 프로그램 언어인 C를 이용하여 알고리즘을 구현하였으며 실험의 범위는 앞서 제시된 시나리오와 같이 3개의 제조자와 3개의 주문에서 동시주문이 발생하였을 때를 고려하였다.

(그림 8)에서는 초기값 입력으로 무작위의 수를 입력하였으며, 동시주문의 값은 난수가 발생되도록 하였다. 이 후 협상알고리즘이 수행되는 진행과정을 살펴볼 수 있다.

(그림 9)에서는 협상 종료 후 최적해를 도출하였음을 확인할 수 있다. 라인이득치는 세부적인 협상 종료 후 협상의 이득 및 손실을 계산하는 것이다. 1회의 협상이 진행될때 마다 총 두번씩의 라인이득치를 계산하여 이들을 비교하게 된다. 더 높은 라인이득치를 선택한 뒤, 협상종료조건을 검토하게 된다. 협상종료 조건은 이동 시의 비용이

현재의 값보다 크거나 또는 동시주문이 발생되지 않으면 이동없이 협상이 종료된다.



(그림 8) 초기값 입력 후 협상 진행과정

0	19	0	21	0	0	0	0	22	라인이득치:0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	15	24	0	0	0	라인이득치:4
23	0	0	0	13	25	0	0	0	
23	19	0	0	0	24	0	0	0	라인이득치:4
26	23	0	0	0	24	0	0	0	
23	0	0	0	19	0	0	0	22	라인이득치:4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	18	24	0	0	0	라인이득치:11
23	0	0	0	18	0	0	0	22	라인이득치:11
23	19	25	26	33	21	7	20	27	라인이득치:4
23	0	0	0	16	0	0	0	22	라인이득치:4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	19	0	26	0	24	0	0	0	라인이득치:4
0	19	0	17	0	25	0	0	0	
23	19	0	0	0	24	0	0	0	라인이득치:4
25	22	0	0	0	24	0	0	0	
12	12	0	0	0	0	0	0	0	
0	19	0	21	0	0	0	0	22	라인이득치:4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	19	0	21	0	24	0	0	0	라인이득치:4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	19	0	21	0	0	0	0	22	라인이득치:4

(그림 9) 협상 종료 후 최적해 도출

현재 본 실험을 통해 얻은 최적해는 주문1이 제조자B, 주문2는 제조자A, 주문3은 제조자C를 선택하는 것이 최적이며, 이때 공급사슬 총비용은 62가 된다. 이는 분지한계법에서도 동일한 결과가 도출된다. 더 많은 주문의 수와 제조자 수가 존재할 경우는 차후 실험을 통해 그 성능을 테스트할 예정이나, 현재의 실험에서는 20차례의 실험결과 평균 1.7초 이내로 최적해를 도출할 수 있었으며, 본 실험을 통해 구매자 주도 협상 알고리즘의 타당성을 증명할 수 있었다.

5. 결론

본 연구는 동적 공급사슬환경에서 에이전트간의 협상을 통한 최적 제조자 구성방법론을 제시하였다. 공급사슬 구성원간의 경쟁과 협력관계를 고려함으로써 구매자간의 협상을 통해 최적 공급사슬망을 구축하게된다. 이것은 최초의 공급사슬이 동

적으로 거래상대가 변화할 때마다 변경되는 주문 비용을 협상을 통해 이를 반영할 수 있음은 물론, 협상시에 발생하는 이득과 손실을 계산하여, 모든 구매자가 만족할 수 있는 최소비용이라는 목적을 달성할 수 있다. 각 개별 제조자의 주문의 스케줄링과 비용산정을 위해서는 SET 모델을 사용하여 제조비와 함께 조기생산비용과 지연생산비용을 모두 고려하였다.

향후연구에서 제시한 협상방법론의 성능을 증명하기 위해 전통적 방법론인 분지한계법과의 성능을 비교할 예정이며, 다수의 제조자와 주문의 수를 고려할 예정이다.

참고문헌

- [1] 강무진, 김병기, "Setup시간을 고려한 flow shop scheduling", 대한기계학회 춘계학술논문집 A, 2000, pp. 797-802.
- [2] 김봉진, "단일설비 생산체제에서 부품의 최적 일정계획", 생산관리연구, 제6권, 제2호, 1995. 12.
- [3] 권철현, 박성주, "Multi-agent Negotiation systems for class scheduling", 대한산업공학회/한국경영과학회 2002 춘계공동학술대회, 2002.
- [4] 박성호, 전태준, "시작시간을 갖는 단일기계에서 이행성을 고려한 작업쌍 비교절차", 대한산업공학회/한국경영과학회 2001 춘계공동학술대회, 2001.
- [5] 박창규, "효율적 제조자원의 활용을 고려한 생산일정 및 납기일 결정기법", 경영과학, 제 17권 제2호, 2000. 11. pp. 125-134
- [6] 이동현, 이경근, 김재균, 박창권, 장길상, "상이한 납기와 도착시간을 갖는 단일기계 일정계획을 위한 유전알고리즘 설계", 한국경영과학회, 제24권, 제3호, 1999. 9.
- [7] 윤상흠, 고재상, "고유 및 공통부품으로 구성되는 제품의 생산을 위한 단일기계 일정계획", 대한산업공학회/한국경영과학회 98 춘계공동학술대회 논문집, 1998. 4.
- [8] 조성아, 조충호, 이동훈, 김채복, "최대지연시간을 고려한 ET 모델에서의 단일 기계 일정계획", 한국경영과학회, 제23권, 제1호, 1998. 3. pp 29-41.
- [9] 이경전, 장용식, 최형림, 김현수, 박영재, 박병주, "Agent-based System for Complex Decision Making and Negotiation:Application to Virtual Manufacturing", Information Systems Review, Vol. 4, No 2, 2002, pp. 223-236.
- [10] Sangsu Han, Hiroaki Ishii, Susumu Fujii, Young-Hae Lee, "The Variation of one machine scheduling problem", 1993, 한국경영과학회, pp.6-15.
- [11] Baker, scudder, "Sequencing with earliness and tardiness penalties: A review", Operations Research Society of America, Vol. 38, No 1, 1990, pp. 22-27.
- [12] George Li, "Single machine earliness and tardiness scheduling", European Journal of Operational Research 96, 1997, pp. 546-558.
- [13] Jiong Sun, Norman M.Sadeh, "Multi-attribute supply chain negotiation: coordinating reverse auctions subject to finite capacity considerations", ICEC 2003, pp. 53-60.
- [14] Jorge M.S Valente, Rui A, "Heuristics for the early/tardy scheduling problem with release dates", facultade de economia, portugal, 2003.
- [15] Jose A.Ventura, Radhakrishnan, "Single machine scheduling with symmetric earliness and tardines penalties", European Journal of Operational Research 144, 2003, pp. 598-612.
- [16] Kim, Y.D, C.A. Yano, "Minimizing Mean Tardiness and Earliness in Single-Machine Scheduling Problems with Unequal Due Dates", Naval Res.Logistics, Vol .41, 1994, pp. 913-933.
- [17] Maria Teresa, Mario Centeno, "A Composite Heuristic for the single machine early/tardy job scheduling problem", Computers Ops Res, Vol. 25, No. 7/8, 1998, pp. 625-635.
- [18] Peng Si OW, "Morton, the Single machine early/tardy problem", 1989, Management Science, Vol. 35, No. 2, 1989. 2. pp. 177-191.
- [20] Pei Chann Chang, "A Branch and bound Apporach for Single Machine Scheduling with Earliness and Tardiness Penalties", Computers & mathemtics with Application 37, 1999. pp. 133-144.
- [21] Sakib A.Mondal, K.Sen, "Single machine weighted earliness-tardiness penalty problem with a common due date", Computers & perations research 28, 2001, pp. 649-669.

전자상거래/e-Biz Ⅲ

- 인터넷 EDI의 도입 의사결정
이동만(경북대), 장명희(한국해양대)
- e-Learning 비즈니스 모델과 성공요인에 관한 연구
정대율, 성행남, 강상민(경상대)
- e-비즈니스에서 마일리지의 새로운 역할 : 사적 전자화폐 관점
박승복, 한재민(고려대)
- 인터넷 비즈니스에서의 가치 창출과 가치 전유
한두흠(용인송담대)