

도급계약을 허용하는 환경에서 제조자간 협상을 통한 최적공급사슬 구성

조재형* · 김현수** · 최형립** · 홍순구**

* 부산외국어대학교 국제통상지역원 초빙교수

** 동아대학교 경영정보과학부 교수

초 록

공급사슬의 구성문제는 주문의 동적환경을 고려하여 전체 관점에서 스케줄링되어야 한다. 이러한 공급사슬구성문제를 본 연구에서는 에이전트 협상 방법론을 통해 해결하고자 한다. 에이전트 협상은 공급사슬망을 경쟁적 관계로 이해하고 개별목적 가진 구성원 에이전트간의 협상과정을 통해 재스케줄링이 발생되어 공급사슬을 구성하게 된다. 지금까지의 연구는 공급사슬 상에서 수직적 통합(vertical integration)을 중심으로 조직의 유연적 조정에 초점이 맞추어졌다. 그러나 본 문제에서는 구매자로부터 주문을 받기 위해 경쟁적 관계에 놓인 제조자가 도급계약(sub-contract)이 허용되는 환경에서 협력적 관계를 통해 개별적 이익을 최대화하는 동시에 공급사슬 전체의 관점에서도 비용 최적화를 이룰 수 있는 제조자 협상방법론을 제안하였다. 본 협상방법론을 통해 수평적 관계에 놓인 경쟁업체들의 협력적 관계 및 전략적 제휴의 중요성을 살펴볼 수 있다.

1. 서론

공급사슬 문제에서 서비스수준과 비용은 서로 상충관계(trade-off)가 있으나 기업은 효율적인 공급사슬관리를 통해 높은 서비스 수준과 낮은 비용을 동시에 달성하려고 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 공급사슬의 효율적 설계와 운영을 통해 공급사슬과 관련된 불확실성을 최소화 하는데 지금까지 많은 연구가 이루어져 왔다. 또한 공급사슬의 개별 참여자들의 목적으로는 공급사슬 전체의 효율성과 효과성을 극대화시키기 힘들다 [Lee & Billington, 1992; Towill, 1996]. 그러므로 공급사슬 구성원간의 협력적 노력을 통해 고객의 요구에 즉각적으로 대응할 수 있어야 한다. 이것은 공급사슬 전체의 관점에서 관리할 수 있도록 통합적 개념이 필요하다. 이는 전통적으로 생산관리에서부터 수급불균형을 해소하기 위한 노력들이 이루어져 왔고 일반적으로 총비용을 줄이는데 중점을 두었다. [Bowersox & Closs, 1996]. 그러나 지금까지의 연구는 공급사슬 상에서 지배적인 영향력을 갖는 기업들의 경우처럼 수직적 통합(vertical integration)에서 조직의 유연적 조정에 초점을 맞추었다.

본 연구에서는 공급사슬의 수직적 관계에서 벗어나 수평적 관계에 놓인 참여자간의 경쟁적 관계를 중점적으로 다루었다. 이러한 경쟁적 관계에서 정보의 공유가 없는 일정한 수의 구매자와 제조자

들은 상대방의 가격에 대한 정보만을 가지고 의사결정을 하는 것이 일반적이다[Bylka, 2003; 최윤락, 2003]. 그러나 수평적 관계에 놓인 제조자들은 경쟁적 관계가 우선적으로 유지되거나 더 큰 이익을 위해서 자신의 일부 또는 전체 주문에 대한 정보, 실물을 서로 공유할 수 있는 전략적 협력관계를 가질 수 있으며 이를 본 논문에서는 도급계약환경으로 정의하였다. 그러므로 가격에 의한 의사결정 시 구매자로부터 주문을 받기 위해 경쟁적 관계에 놓인 제조자가 도급계약(sub-contract)이 허용되는 환경에서 협력적 관계를 통해 개별적 이익을 최대화하는 동시에 공급사슬 전체의 관점에서도 비용 최적화를 이룰 수 있으며 구매자가 원하는 납기일을 준수할 수 있는 협상방법론을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 문제 범위와 제약조건 정의를 통해 협상방법론의 범위를 한정하고, 협상이 발생하기 전에 이루어지는 제조자 스케줄링을 다루었다. 3장에서는 시나리오를 통해 본 협상방법론을 소개한다. 4장에서는 먼저 분지한계법을 통해 공급사슬 비용의 최적해를 도출하는 방법과 한계점을 소개하고, 마지막으로 에이전트를 이용한 제조자 협상방법론의 최적해 도출을 위한 협상요소 및 환경, 협상분류를 소개한다. 결론에서는 본 연구의 향후방향을 제시하였다.

2. 공급사슬구성 문제

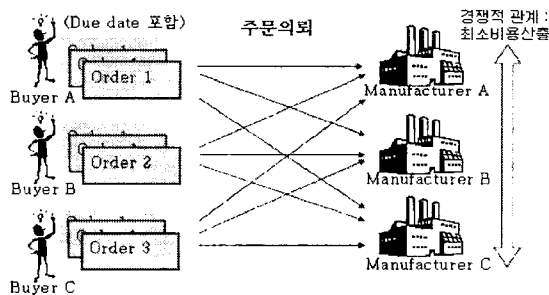
2.1 문제의 범위와 제약조건

현재 제조자의 관점에서 양질의 제품을 생산하는 것만으로는 불충분하다는 사실이 널리 인식되면서 구매자가 원하는 시간, 장소, 수량을 즉각적으로 제공하면서 낮은 생산비용을 유지해야 하는 새로운 과제에 직면하고있다. 그러나 제조자의 입장에서는 정보와 제품의 지연으로 인한 손실을 최소화하는데 부품의 가격변동, 정보왜곡, 구매자의 다양한 요구 등으로 인해 즉각적인 의사결정에 어려움을 겪고있다[Lassar & Kerr, 1996].

본 연구에서 다루게 될 문제는 주문-제조(Make-To-Order)의 산업에서 고객의 주문이 접수된 후에 제품생산이 이루어지는 경우로, 제조자는 재고를 확보하지 않고 있다. 제조자는 <식1>과 같이 납기일을 중요시하는 제조비용, 지연생산비용, 조기생산비용으로 구성된 CTP 함수(Capable To Promise)를 고려한다. 본 연구에서 CTP 함수는 각 주문의 공정순서에 따라 달라지고 각 제조자는 주문에 따라 자신만의 CTP함수를 가지고 있다.

$$f_{CTP} = f_{\text{manufacture}} + f_{\text{tardiness}} + f_{\text{earliness}} \quad (1)$$

특히 작업의 일정이 납기일을 준수하지 못하는 문제(Restricted Problem)를 고려하였는데 이는 작업의 공정(processing time)이 각 주문마다 정해진 납기일(distinct due date)을 초과하는 경우이다 [Kim & Yano,1994]. 본 문제에서 다루게 되는 공급사슬은 공급자, 제조자, 유통업자, 소매업자 그리고 고객에 이르는 다양한 구성요소 중 최종 생산품을 생산하여 최종 소비자에게 공급하는 과정만을 다루어, 공급사슬구성은 다수 구매자와 다수 제조자의 관계만을 포함한다.



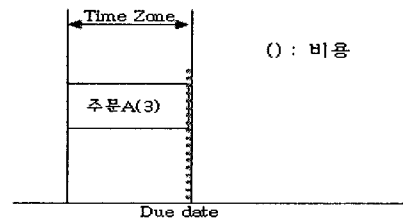
<그림 1> 다수의 구매자와 공급자로 구성된 공급사슬망 문제

<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. 그러므로 제조자 선택을 위한 의사결정 시 고려되는 다양한 기준 중 본 연구에서는 비용을 바탕으로 결정한다. 또한 공급사슬환경은 개방형 네트워크를 통해 구매자와 제조자간의 거래가 이루어진다.

2.2 제조자 스케줄링

본 연구의 협상방법론은 제조자 스케줄링에 기반하여 발생하며 협상진행에 따라 재스케줄링이 진행된다. 그러므로 동적환경을 고려한 제조자 스케줄링을 살펴본다. 다수의 구매자로부터 의뢰된 주문에 대해 제조자는 스케줄링을 하게 되는데 Time Zone에 따라 크게 2가지 스케줄링으로 분류된다. Time Zone이란 아직 모든 주문이 구매자로부터 확정되지 않은 상태에서 1개 이상의 주문이 들어오는 기간(term)을 말한다.

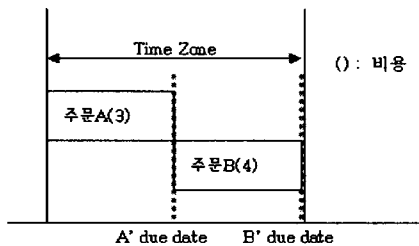
- 하나의 Time Zone에서 1개의 주문이 의뢰되는 경우
하나의 Time Zone에 1개의 주문이 들어오는 경우 제조자는 조기생산비용, 지연생산비용의 고려 없이 주문의 납기일에 맞추어 스케줄링을 하게된다. 이는 개별주문의 스케줄링 형태이다.



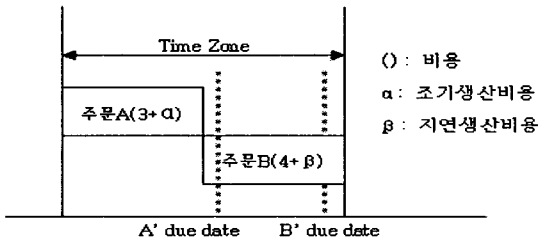
<그림 2> 하나의 Time Zone에서 1개의 주문이 의뢰되는 경우

- 하나의 Time Zone에서 2개 이상의 주문이 의뢰되는 경우
비슷한 시기에 2개 이상의 주문이 동시에 의뢰

되는 경우, 하나의 Time Zone에 들어온 모든 주문을 동시에 고려하여 스케줄링하게 된다. 이때 각 주문의 납기일이 여유가 있어 모든 주문을 납기일에 맞춰 순차적으로 스케줄링 한다면 개별단위 주문과 같은 비용이 산출될 수 있다<그림3-A>. 그러나 일반적인 경우는 조기생산비용이나 지연생산비용이 발생되어 개별주문 스케줄링 비용보다 상승되는 경우이다<그림3-B>. 본 연구에서는 2개 이상의 주문을 동시에 고려할 경우 개별단위의 주문비용보다 상승되는 후자의 경우를 고려하였다.



<그림 3-A> 조기·지연생산비용이 발생하지 않는 경우



<그림 3-B> 조기·지연생산비용이 발생된 경우

모든 주문을 동시에 고려하여 재스케줄링 함으로써 조기생산과 지연생산이 발생되고, 이때 제조자가 1차 견적 시에 산출되었던 초기비용보다 상승하게 된다. 이러한 조기생산과 지연생산의 추가 비용은 납기와 작업 완료시점간의 편차만큼 증가하게 된다.

그러므로 제조자의 경우 다수의 주문으로 인해 조기생산과 지연생산을 고려한 스케줄링이 이루어

<표 1> 확정주문이 1개인 시나리오(제조자 3개, 주문 3개)

	제조자 A			제조자 B			제조자 C		
	주문1	주문2	주문3	주문1	주문2	주문3	주문1	주문2	주문3
개별스케줄링 비용	12	11	15	13	14	12	14	15	16
동시스케줄링 비용(수입)	15	19	21	17	16	20	20	21	18
실제생산비용(지출)	12				14				16
이득(수입-지출)	3				2				2

지고, 생산비용이 결정된다. 제조자의 경우, 경쟁적 관계에 놓인 타 제조자를 고려해야 하므로 규모의 비경제성을 초래하여 자신의 한계비용이 급증하는 경우도 존재한다. 이러한 과열경쟁으로 인한 과잉생산은 주문을 수주하였다 하더라도, 제조자에게 이득이 발생하지 않거나 또는 손실을 감수해야 하고, 주문의 납기일을 맞추기 위한 시간상의 압박, 구매자의 요구대응 지연 등 어려움을 겪을 수 있으며 이는 곧, 전체공급사슬 측면에서도 최적화가 되지못한다. 그러므로 이러한 문제점을 해결하기 위해 제조자간의 전략적 제휴를 우선순위로 둔 협상방법론을 제안하고자 한다. 다음장에서는 공급사슬 환경에 따라 분류된 시나리오를 통해 본 협상방법론의 맞교환협상과 도급협상을 설명하도록 하겠다.

3. 시나리오

3.1 모든 제조자의 확정주문이 1개인 시나리오

본 연구에서는 제조자간의 전략적 제휴를 통해 생산비용을 최소화하면서 전체공급사슬의 최소비용을 도출할 수 있는 협상방법론을 시나리오를 통해 설명하고자 한다. 첫 번째 시나리오는 확정주문이 1개인 경우이다. 확정주문이란 제조자가 구매자로부터 계약이 성사된 주문을 1개만 가지고 있는 경우를 말한다.

제조자 A,B,C에게 납기일이 촉박한 주문 1,2,3이 비슷한 시기에 견적의뢰되었다. 각 주문은 구매자 L,M,N 의해 각각 의뢰된 것이다. 만약 3개의 주문이 하나씩 공정될 경우 생산비용은 <표1>의 개별스케줄링 비용이 된다. 그러나 3개의 주문이 거의 동시에 의뢰되었고 납기일이 비슷하여 모든 주문을 함께 스케줄링한 비용이 동시스케줄링 비용이다. 모든 생산비용이 조기생산과 지연생산으로 인해 개별 스케줄링 비용보다 상승하였다. 이

□ 확정주문

비용을 구매자에게 제시한 결과 구매자 L(주문1)은 제조자 A, 구매자 M(주문2)은 제조자 B, 구매자 N(주문3)은 제조자 C와 계약이 이루어졌다. 각 구매자의 입장에서는 3개의 견적비용 중 가장 최소의 비용을 선택한 것이다. 제조자 A,B,C는 각 주문에 대한 비용(수입)을 구매자로부터 받은 후 이를 생산하나 각 제조자의 실제생산비용은 <표1>과 같다. 이는 각 제조자가 3개의 주문을 모두 수주받기 위해 동시 스케줄링하였으나 실제 계약이 한 건씩의 주문만이 이루어졌으므로 개별스케줄링 비용이 곧 실제생산비용이 된다. 그러므로 각 제조자의 이득은 동시 스케줄링비용에서 실제생산비용을 차액한 값이다. 현재 모든 제조자가 이득이 발생하였으나 실제생산비용을 모두 합해보면 42로 이는 전체 공급사슬의 최적해는 되지 못한다.

이때 제조자 B와 제조자 C간의 1차협상이 발생된다. 협상발생의 원인은 제조자 B의 경우 확정주문인 주문2보다 주문3을 생산하게 될 경우 현재의 이득이 +2가 증가되기 때문이며 주문3을 생산하기 위해서는 이를 확정주문으로 가지고 있는 제조자 C와의 협상이 필요하다. 제조자 B는 제조자 C에게 각각의 확정주문을 맞교환할 것을 제안한다. 제조자 C의 경우 자신의 최소개별주문(주문1)은 아니나 주문2를 생산하는 것이 현재의 확정주문보다 더 큰 이득이 되므로 협상은 성사된다(표 2의 1차협상 참조).

다음으로 제조자 A는 제조자 C와 2차 협상이 발생된다. 협상의 발생원인은 1차 협상과 동일하다. 제조자 A와 제조자 C는 각각의 확정주문을 맞교환함으로써 더욱 이득이 증가하므로 협상이 성사되며 이 결과는 <표2>의 2차협상이 된다. 협상 후 각 제조자의 이득이 증가되었으며 또한 전체공급사슬의 비용도 각 제조자의 최적값을 합한 37이 되어 협상 전의 공급사슬비용(42)에 비해 5가 감소되었다. 각 주문의 최적값이 전체 공급사슬 최적해이다.

3.2 1개 이상의 제조자가 확정주문이 2개 이상인 시나리오

다음으로 확정주문이 2개 이상인 시나리오를 살펴보자. 확정주문이 1개인 경우에는 제조자 협상 방법론이 맞교환의 형태로 진행됨을 알 수 있었다. 이는 맞교환 협상의 조건이 제조자가 서로의 확정주문을 교환함으로써 더 큰 이득이 발생함으로 진행된다. 그러나 확정주문이 2개 이상인 경우에는 도급협상을 중심으로 진행된다.

개별스케줄링 비용과 동시스케줄링 비용은 1차 시나리오와 동일하다. 동시스케줄링 결과 구매자로부터 주문1은 제조자 A, 주문2와 3은 제조자 B, 그리고 제조자 C는 주문을 수주하지 못하였다. 이때 제조자 B의 확정주문이 2개가 된다. 실제생산

<표 2> 협상방법론을 통한 최적해 도출

확정주문 최적값 맞교환후 확정주문의 제거

	제조자 A			제조자 B			제조자 C		
	주문1	주문2	주문3	주문1	주문2	주문3	주문1	주문2	주문3
제조자 B,C의 협상 후 확정주문의 변화(1차협상)	12	11	15	13	14	12	14	15	16
제조자 A,C의 협상 후 확정주문의 변화(2차협상)	12	11	15	13	14	12	14	15	16
총이득($\alpha+\beta$) a:협상전 이득, β :협상후 추가이득		3+1				2+2	2+2		

<표 3> 확정주문이 1개 이상인 시나리오(제조자 3개, 주문 3개)

확정주문

	제조자 A			제조자 B			제조자 C		
	주문1	주문2	주문3	주문1	주문2	주문3	주문1	주문2	주문3
개별스케줄링 비용	10	12	15	12	14	16	13	16	18
동시스케줄링 비용(수입)	13	18	21	14	16	20	15	18	21
실제생산비용(지출)	10				15	17			
이득(수입-지출)	3				1	3			

비용은 <표3>과 같으며 제조자 B의 경우 2개 주문의 동시스케줄링 비용이므로 개별스케줄링 비용보다는 높고, 3개 동시스케줄링 비용보다는 낮은 비용이 실제생산비용이 된다. 제조자 A와 B는 이득이 발생하였으나 실제생산비용의 합은 42로 전체 공급사를 최적해가 되지 않는 것이다.

이때 제조자 B는 2개의 확정주문을 가지고 있는 상황에서 1개의 확정주문을 타 제조자에게 도급할 경우 현재의 이득보다 더 큰 이득이 발생할 수 있는지를 계산한다. 이를 위해 도급주문 우선순위와 도급대상 제조자 선정에 결정해야 한다.

먼저 제조자 B는 확정주문인 주문2와 주문3의 도급우선순위를 결정하는데, 주문2를 도급할 경우 주문3이 개별스케줄링비용(16)이 되고 이때 이득은 +1이 더 증가하여 총이득은 4가 된다(표4의 제조자 B,A협상 후 확정주문의 변화 참조). 다음으로 주문3을 도급할 경우 주문2가 개별스케줄링비용(14)이 되고 이득은 +1이 더 증가하여 총이득이 2가 된다. 그러므로 제조자 B는 총이득이 더 큰 주문2를 도급우선주문으로 결정한다. 이제 도급대상제조자를 선정하는데 제조자 A의 경우 이미 1개의 확정주문이 있으므로 주문2를 도급할 때 동시스케줄링 비용(15)을 고려하고, 제조자 C의 경우 확정주문이 없으므로, 개별스케줄링 비용(16)을 고려한다. 2개의 제조자를 비교한 결과 제조자 A에게 도급하는 것이 더 저렴하게 생산할 수 있으므로 도급협상 제조자로 결정한다.

그러나 제조자 A는 협상이득을 위해 동시주문 비용(15)보다 높은 도급비용을 요구할 것이므로, 제조자 B는 도급협상이 성공할 경우 주문3이 +1만큼의 이득이 증가하므로 1미만의 협상비용을 고려한 15.5를 제시한다(표4의 제조자 B,A협상 후 확정주문의 변화 참조). 그러나 제조자 A의 경우 주문2를 도급받게 되면 동시스케줄링이 발생하여 확정주문 1의 비용증가(12)로 손실(-2)을 입게된다(표4의 제조자 B,A협상 후 이득 및 손실 참조). 그러므로 두개의 확정주문이 생길 경우 제조자 A는 역시 제조자 B와 같은 동일한 방법으로 도급주문 우선순위와 도급대상 제조자를 선정한다. 그 결과 주문1을 제조자 C에게 도급하려 한다. 제조자 C는 가까이 주문1을 도급받으려 할 것이다. 제조자 A는 제조자 C와의 협상이 성사될 수 있으므로 제조자 B와의 협상에 임하게 되고, 그 결과 제조자 A는 원래의 확정주문 1을 도급하므로써 이득(3)이 모두 사라지나 제조자 B로부터 협상비용(15.5)을 받고 개별스케줄링비용(12)으로 실제생산하므로써 총이득(3.5)이 증가하였다. 제조자 B도 확정주문 3을 개별스케줄링비용(16)으로 실제생산하므로써 총이득(4.5)이 증가하였다. 제조자 C의 경우에는 이득은 발생하지 않았으나, 확정주문을 가지게 되어, 모든 제조자는 협상 후 이득이 증가하였고, 또한 각 주문의 최적값 합은 41로써 전체 공급사를 최적해가 달성된다(표4의 총이득 참조).

<표 4> 협상방법론의 진행과정과 최적해 도출

■ 확정주문 ▨ 최적값 □ 맞교환후 확정주문의 제거

	제조자 A			제조자 B			제조자 C		
	주문1	주문2	주문3	주문1	주문2	주문3	주문1	주문2	주문3
개별스케줄링 비용	10	12	15	12	14	16	13	16	18
동시스케줄링 비용(수입)	13	18	21	15	16	20	15	18	21
실제생산비용(지출)	10				15	17			
이득(수입-지출)	3				1	3			
2개 주문 동시스케줄링비용 (실제생산비용)	12	15		14		19			
제조자 B,A 협상 후 확정주문의 변화 (1차 협상 후 비용변화)	12	15.5			15.5	16			
제조자 B,A 협상 후 이득 및 손실 (+a:협상후 이득, -a:협상후 손실)	-2	+0.5			-0.5	+1			
제조자 A,C 협상 후 확정주문의 변화 (2차 협상 후 비용변화)	13	12				16	13		
제조자 A,C 협상 후 이득 및 손실 (+a:협상후 이득, -a:협상후 손실)	-1	+3					0		
총이득 : 이득 - (1·2차 협상 후 이득 및 손실)	0	+3.5			0.5	4	0		

<표 5> 분지한계법에서의 문제정의

	제조사 A			제조사 B			제조사 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 6> 제조자와 주문의 조합

주문조합 제조사조합	제조사 A가 2개, 타 제조사가 1개의 주문을 처리	제조사 A가 1개, 타 제조사가 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)

4. 제조자 협상방법론

앞서 시나리오를 통해 제조자 협상방법론을 살펴 보았다. 본 협상방법론과 지금까지의 선행연구에서 사용된 방법론을 비교하고자 하였으나 본 연구의 경쟁적 환경이라는 특수성으로 인하여 적절한 비교대상을 찾기가 어려웠다. 이중 전통적 방법론으로 통하는 분지한계법은 최적해를 도출하는데 지금까지 많은 선행연구에서 사용되어져 왔고, 이미 검증된 방법론이므로 본 연구에서도 분지한계법을 통해 제조자 협상방법론을 비교·분석하고자 한다.

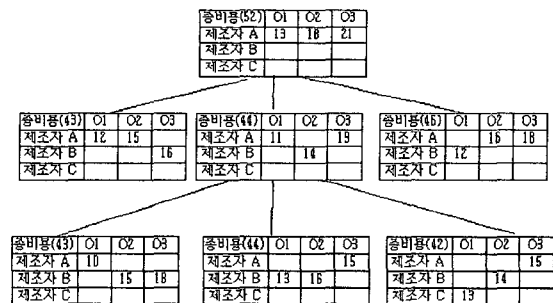
4.1 분지한계법을 이용한 최적해 도출

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.

3장의 시나리오와 같이 <표 5>에서도 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 1차 견적비용보다는 상승하게 되므로 다른 제조자와의 협력을 통해 이 비용을 감소시켜야 한

다. 제조자 A의 동시주문이 발생했을 때, 고려할 수 있는 다른 제조자와 주문의 조합은 <표6>과 같다.

본 문제에서의 분지한계법은 모든 비용을 안다고 가정함으로써 각 분지별로 각 비용 테이블을 나타낼 수 있다. <그림 4>는 <표6>을 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.



<그림 4> 제조자 A의 동시주문으로 발생할 수 있는 분지테이블의 예

4.2 제조자 협상방법론을 통한 최적해 도출

분지한계법을 통해 최적해를 달성할 수는 있으나, 분지한계법은 문제의 규모가 커질수록 급격히 계산시간이 급증하며, 공급사슬망을 누군가 중앙에서 통제할 수 있다는 가정에 기초하므로 다자간 동등거리를 추구하는 공급사슬망 관리에는 부적합하다. 또한 본 협상방법론과 같이 각 제조자의 이득 및 손실을 알 수 없다. 그러므로 전체 공급사슬

망의 최적해 도출을 위해 더욱 협상방법론이 필요하다.

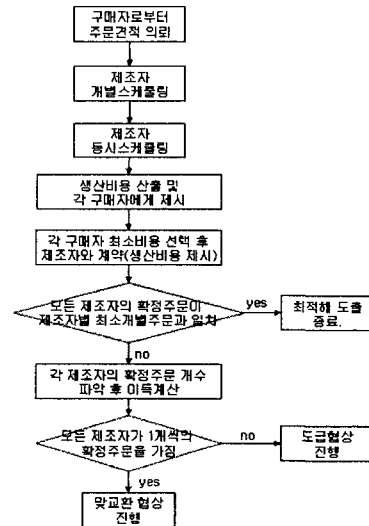
본 절에서는 3장에서 소개된 시나리오를 바탕으로 제조자 협상방법론에 사용되는 협상요소 및 협상 진행과정에 대한 알고리즘 순서도를 소개하고 마지막으로 환경에 따른 협상의 분류를 살펴보고자 한다.

■ 협상요소의 정의

- 개별스케줄링 비용
1차 스케줄링 비용으로 주문이 1개가 들어왔을 때의 제조자 스케줄링 비용
- 동시스케줄링 비용
2차 재스케줄링 비용으로 추가주문이 발생하여 2개이상의 주문을 그룹으로 스케줄링할때의 비용
- 확정주문
그룹 스케줄링 이후 구매자에게 제시된 주문 중 최소의 비용을 제시한 제조자와 계약을 맺는 주문
- 수입 (소득비용)
확정주문비용으로 제조자가 구매자로부터 받게 되는 생산비용
- 실제생산비용
제조자가 확정주문에 대해 실제로 투입되는 생산비용
- 이득
확정주문은 동시스케줄링 후 구매자에게 제시되거나 확정주문의 실제생산비용이 동시스케줄링 시의 비용(수입) 보다 적으면 이득발생 (이득 = 수입 - 실제생산비용)
- 최소개별주문 & 최소개별주문비용
제조자별로 개별스케줄링 비용 중 최소의 비용을 가진 주문을 최소개별주문이라고 하며 이때의 비용을 최소개별주문비용 (이 주문이 각 제조자가 협상을 통해 자신이 생산하고자 하는 주문이 됨)
- 도급주문 우선순위 결정
2개의 확정주문이 있을 때, 어느 확정주문을 도급 우선순위로 둘 것인지를 결정. 각 확정주문의 개별스케줄링비용과 확정주문비용의 차액이 적은 순으로 도급 우선순위 결정
- 도급대상 제조자 선정
협상주도제조자가 도급을 받을 수 있는 타 제조자를 선정. 선정기준은 도급대상 제조자의 실제생산비용이 최소한 협상주도제조자의 확정주문비용보다는 적어야 하며, 2개 이상의 도급대상 제조자가 존재할 경우, 실제생산비용이 더 적은

제조자를 선정

<그림5>의 전체 협상 흐름도를 통해 구매자와 제조자간의 주문생산과정과 협상이 발생하는 일반적인 진행과정을 살펴볼 수 있다.



<그림 5> 구매자와 제조자간의 주문생산을 위한 전체 알고리즘 순서도

시나리오와 <그림5>에서 나타난 것 처럼 제조자 협상방법론은 크게 맞교환협상과 도급협상으로 분류된다. 이러한 분류는 제조자 협상방법론이 발생하는 환경에서 기인하는데, 제조자 협상방법론의 환경과 이에 따른 협상의 분류과정은 다음과 같다.

- 맞교환협상의 환경
 - (1) 모든 제조자가 1개씩의 확정주문을 가지고 있는 경우(주문수=제조자수)
- 도급협상의 환경
 - (1) 확정주문을 가지지 못한 제조자가 있는 경우(제조자수>주문수)
 - (2) 하나 이상의 제조자가 2개 이상의 확정주문을 가진 경우(주문수>제조자수)
 - (3) 두가지의 환경(1,2)이 함께 있는 경우

그러나 2가지의 제조자 협상방법론이 혼용되는 경우도 있는데, 도급협상 후 모든 제조자가 1개씩의 확정주문을 가지게 되면 맞교환 협상이 발생될 수 있다. 이는 도급협상의 환경이 (3)번인 경우에는 맞교환협상이 발생될 수 있는 것이다.

결국 공급사슬망의 경쟁적 관계로 인해 더 저렴한

한 비용으로 주문을 수주하거나 더 많은 주문을 수주받기 위한 과잉경쟁으로 인해 전체 공급사슬망의 최적 구성이 달성되지 못하는 것이다. 그러나 하나의 제조자가 더 큰 이득을 얻기위해 타 제조자와의 협력적 관계를 모색하는 과정에서 협상방법론이 시작된다. 이러한 상반된 모순은 현재 자유경제시장에서 협력적 관계의 중요성을 더욱 부각시키고 있다. 협력적 관계는 전략적 제휴로 발전되고 있으며, 전략적 제휴를 통하여 공급사슬의 경쟁적 우위를 추구하는 것이다. 앞서 살펴본 시나리오를 통해 협상이 성공될 경우 모든 참여자의 이득이 높아질 뿐만 아니라 전체공급사슬망의 최적해가 이루어진다.

5. 결론

지금까지 공급사슬구성 문제는 수직적 관계의 통합문제를 중심으로 통합일정계획 연구가 중심이었다. 그러나 본 연구에서는 공급사슬의 수직적 관계를 확장하여 수평적관계, 즉 수평적 관계에 놓인 구성원간의 경쟁적 환경을 고려하였다. 이러한 경쟁적 관계는 기업의 과도한 생산증가로 인해 규모의 비경제성(diseconomies of scale)을 초래한 경우로 완전경쟁시장에서 과열경쟁으로 인해 자신의 한계비용 이하로 생산함으로써 손실이 발생된다. 이는 곧 전체공급사슬의 손실로 이어진다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 제조자 협상방법론을 제안하였다. 본 협상방법론을 통해 모든 제조자가 만족하는 최소 생산비용을 달성할 수 있었고 이것이 곧 전체공급사슬의 최적 구성이 될 수 있음을 제안하였다.

그러나 본 연구에서 제시한 제조자 협상방법론의 효과성을 증명하기 위한 구체적인 알고리즘과 객관적인 실험자료를 위해 차후 연구방향의 과제로 삼았으며, 전통적 최적해 방법론과의 비교를 통해 협상방법론을 검증하도록 하겠다.

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, 제17권 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] 최윤락, 한주윤, 정봉주, "경쟁적 공급사슬 환경에서 생산 원가 분석 및 경제적 주문량의 변화를 통한 생산자/수요자 협상모델", 한국경영과학회 춘계학술대회, 2003, pp. 564-571.
- [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 Marking 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", *faculdade de economia, portugal*, 2003.

- [15] Jose A.Ventura, Radhakrishnan, "Single machine scheduling with symmetric earliness and tardiness 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 Approach for Single Machine Scheduling with Earliness and Tardiness Penalties", *Computers & mathematics 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 & operations research* 28, 2001, pp. 649-669.
- [22] Lee, H.L. and Billington, "Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities", *Sloan Management Review*, Spring, 1992, pp. 65-75.
- [23] Towill, D.R, "Industrial Dynamics Modeling of Supply Chains", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol.26, No.2, 1996, pp. 23-42.
- [24] Bowersox, D.J. and D.J.Closs, "Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process", The McGaw-Hill Companies, 1996.
- [25] Bylka, S. "Competitive and cooperative policies for the vendor-buyer system", *International Journal of Production Economics*, 2003, pp. 533-544.
- [26] Lassar, W.M and J.L.Kerr, "Strategy and Control in Supplier-Distributor of Relationships: An Agency Perspective", *Strategic Management Journal*, Vol.17, 1996, pp. 613-632.