

최적 화물 선적을 위한 화주 에이전트 기반의 협상방법론*

김현수
동아대학교 경영정보과학부
(hskim@dau.ac.kr)

조재형
부산외국어대학교 국제통상지역원
(chojh@pufs.ac.kr)

최형림
동아대학교 경영정보과학부
(hrchoi@dau.ac.kr)

박남규
동명대학교 유통경영학과
(nkpark@tit.ac.kr)

.....

화주의 선박 선정과정은 선박과 화물의 일정에 따른 1차 선정과 화물을 개선적하여 하나의 단위로 선복을 집중시키는 2차 선정으로 구분된다. 지금까지 3자물류업체는 이러한 선적업무가 수작업으로 진행됨으로써 비효율성을 초래하였다. 그러므로 본 연구에서는 에이전트 협상을 통해 전체 물류비를 감소시킬 수 있는 방안을 제안하고자 한다. 화물의 집중과 배분을 통해 얻을 수 있는 물류비 절감을 최대화 시키기 위해 재고비와 운송비간의 상관관계에서 최적점을 찾아야 하며 이를 화주간 협상으로 해결할 수 있다. 실험에서는 현업에서 이루어지는 화물 선적방법인 EPDS(Earliest Possible Departure-Date Scheduling)와 LPDS(Latest Possible Departure-Date Scheduling)에 본 협상방법론을 접목하여 SBF(Scheduling Bundle Factor, 선적동시 처리량)에 따른 재고비, 운송비 그리고 물류비 등을 도출하고 실험결과를 분석 하였다. 분석결과, 에이전트 기반의 협상방법론이 EPDS와 사용될 경우 전체 물류비를 최소화 시킬 수 있었다.

.....

논문접수일 : 2005년 8월

게재확정일 : 2006년 2월

교신저자 : 조재형

1. 서론

항만은 국제무역의 중심축이자, 항만을 중심으로 한 새로운 경제체제가 자리잡고 있다. 항만산업의 경쟁력을 향상시키기 위해서는 기간시설 확충과 같은 국가차원의 지원도 필요하지만 정보, 사람, 물건이 집중되는 항만을 만들기 위해서는 무엇보다 정보의 중요성이 대두되고 있다. 이미 제조업 분야에서는 SCM(Supply Chain Management)

을 통해 기업간 정보를 공유하고 효율적으로 관리함으로써 조달과 공급의 최적화에 대한 결실이 맺어지고 있으나, 항만산업의 경우 물류비의 절감을 통한 높은 경제적 향상에도 불구하고 정보의 효율적 활용이 미진한 상태이다.

항만물류에 있어 가장 중요한 정보제공자는 화주와 선사로 볼 수 있다. 항만물류의 특징을 선사의 입장에서 살펴본다면 선박운영에 대한 고정비 비중이 매우 높은 반면, 선박의 선복은 제한되어

* 본 연구는 교육부에서 주관하는 “차세대물류IT기술연구사업단”에 의해 지원 받은 연구임.

있다는 것이다. 그러므로 가능한 한번 출항 시에 선박을 완전히 채움으로써 운송비의 절감효과를 얻을 수 있다. 또한 동종업계의 경쟁을 고려하여 화주의 화물에 대한 정확한 납기일을 유지하면서도 더 저렴한 운송비와 높은 서비스 수준을 제시하여야 한다.

결국 항만물류는 화주와 선사 모두가 win-win 할 수 있어야 하며, 이러한 공동이익이 한 국가단위의 전체 물류비를 감소시킬 수 있어야 한다. 이러한 노력은 현재 공동수배송, 선사간 연대, 화주의 공동 협력 등으로 표면화되고 있으며, 특히 3자 물류를 통해 다수의 화주와 선사를 중개하는 전문 물류업체가 등장하고 있다. 항만물류의 경우 이러한 3자 물류(3rd Party Logistics, 3PL)의 역할을 담당하고 있는 것이 포워드(Forwarder)이다. 그러나 현재 포워드의 경우 공동이익을 추구하기 위해 중립적 입장을 유지하기 보다는 고정적, 관습적 관계를 통해 물류중개가 이루어지고 있으며, 인터넷, IT기술의 활용이 열악한 환경에서 수작업 형태로 진행되어 정보의 효율적 이용이 제대로 실현되지 못하고 있다. 그러므로 공정하고 투명하면서도 화주, 선사의 공동이익과 함께 글로벌 관점에서 물류비를 감소시킬 수 있는 새로운 가치 창출의 3자 물류가 필요하며 이를 본 연구에서는 에이전트 협상을 통해 해결하고자 한다.

지금까지 에이전트를 이용한 화물선적 계획시스템은 항만물류 분야에서 개발되거나 연구가 이루어지지 않았으나, 육상물류의 경우 차량경로문제(Vehicle routing problem)를 중심으로 활발히 진행되어 왔다(Baita et al., 2000). 차량경로문제는 크게 차량 스케줄링과 차량할당문제로 요약할 수 있다(Kim et al., 1999). 특히 차량할당문제에서는 다수의 화물을 어떤 차량에 어떻게 분배할 것인지를 결정하기 위한 할당문제로서, 이를 위

해 필요한 차량의 수 및 운송시간, 운송비용의 최소화를 달성하기 위한 목적함수가 제시되었다(Vukadinovic et al., 1999). 차량할당문제의 수리적 모형은 주로 배송영역할당기법과 차량경로설 정기법으로 분류되어 제시되었다(박영태 et al., 2002). 그러나 차량할당문제의 경우, 대부분의 기존 연구에서는 기업내부의 자원을 어떻게 활용할 것인지에 집중되어 왔고 업체간 협력을 통한 문제접근은 미비한 상태이다(정근채, 2004). 기업내부의 의사결정이 아닌 기업간 협력을 통해 할당문제를 해결하는 것은 기존의 수리적 모형만으로는 다양한 동적환경을 고려할 수 없다(Karacapilidis et al., 2001; Sandholm, 2002). 또한 에이전트를 활용한 차량경로문제에서는 온라인 시장의 확대에 이용되거나 선정을 위한 다속성 평가에 활용되어 역시 에이전트의 특징 중 자율성보다는 중앙집중된 방식에 초점이 맞추어졌다(Baker et al., 1999; Jeong, 2003). 또한 기존의 에이전트 연구에서는 최적해를 보장하지 못하였다.

이에 본 연구에서는 기존의 선행연구와 비교하여 다음과 같은 차이점을 제시한다. 첫째, 항만물류 분야에서 다수의 화물을 선박에 선적하기 위한 할당문제를 다루었고, 둘째, 다수의 화주와 선사가 협력을 통해 실시간적인 의사결정을 내릴 수 있는 에이전트 협상시스템을 제안하였다. 이를 위해 물류비용의 최소화를 목적함수로 두고, 긴급주문과 같은 동적환경을 고려한 협상 에이전트 방법론을 제안한 뒤 실험에서는 본 협상 방법론의 알고리즘을 설계·구현하여 본 방법론의 효율성을 검증하도록 하겠다.

2. 문제정의

본 연구에서 다루게 되는 문제는 화주의 선박 선정문제이다. 포워드는 다수의 화주로부터 선적 의뢰를 받게 되는데, 화주의 화물 단위는 LCL (Less than Container Load cargo)과 FCL(Full Container Load cargo)로 구분된다. LCL은 하나의 컨테이너에 채우지 못하는 소량화물의 경우로 포워드는 이러한 LCL들을 혼재시켜 하나의 컨테이너로 집중하게 되며, 이러한 과정을 콘솔 (Consol) 이라고 한다. 본 연구에서는 이러한 콘솔 과정을 문제로 정의하였다.

먼저 1단계에서는 화물 출발일, 도착일, 물량과 같은 기본 스케줄을 만족하는 다수의 선박을 개별 화물단위로 검색한다. 다음으로 2단계에서는 앞단계에서 검색된 선박 중 선복(Ship space)을 고려하여, 여러 화주들의 LCL을 FCL로 단일화하게 된다.

현재 현업에서 이루어지고 있는 콘솔과정을 포워드 업체 관계자의 인터뷰를 통해 분석한 결과, [그림 1]과 같이 포워드는 화주로부터 LCL단위로 운송비를 책정하고, 선사는 포워드에게 FCL단위

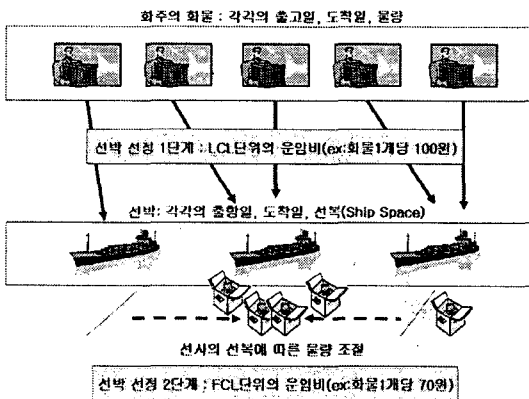
로 운송비를 받고 있다. 이는 선사의 경우, 한번 출항 시 많은 화물을 선적함으로써 더 큰 이득을 얻게 되며, 이로 인해 포워드에게는 할인된 운송비를 적용하고 있다.

다시말해, 선사는 한번 운항 시 소요되는 비용이 대부분 고정비이므로, LCL단위보다 FCL단위 일 때 화물 단위 당 운송비가 더욱 저렴하게 된다.

그러나 이러한 선사선정과 콘솔과정 업무의 대부분이 수작업으로 진행되고 있고, 많은 물량을 가지고 있거나, 지속적인 거래관계를 가진 화주를 제외하고는 운송비의 절감부분이 화주에게 전달되지 못하고 있다. 또한 콘솔과정 1단계에서는 큰 문제가 없으나 2단계 시 어떤 선사에게 어느 정도의 화물을 집중시키고 배분할 것인가 하는 문제는 다수의 화주와 선사가 존재하는 상황에서 쉽게 결정될 문제가 아니므로 이러한 의사결정을 지원할 수 있는 협상방법론과 알고리즘 제안이 요구된다.

또한 본 연구에서 제안한 협상방법론은 선정문제와 함께 납기일이 매우 촉박한 화주의 화물을 처리할 수 있다. 현업에서 긴급주문이 발생하여, 이미 선적계획이 완료된 선박에 선적해야 하나, 선박의 잔여선복이 부족하여 긴급주문의 물량을 처리하지 못할 경우, 이미 선적 예정된 화물 중에서 납기일이 여유가 있는 화물을 찾아야 한다. 이를 만족하는 기존의 다수 화물을 찾을 경우, 어떤 화물과 대체할 것이며 이 과정에서 발생하는 협상비용을 계산하여, 모든 화주의 가치를 만족할 수 있는 협상방법론을 제안할 것이다.

이러한 다수의 가치상승을 Kurumatani는 “Mass User Support”로 정의하고 정보기술의 조정을 통해 사회적 자원의 가치를 상승시킬 수 있음을 제안하였다(Kurumatani, 2002; Kawamura et al., 2004). 현재 현업에서는 이러한 문제가 발생할 경우 의사결정지원 시스템이 전무한 상황이므로 업



[그림 1] 콘솔과정과 운송비 산정

무가 비효율적이고 화주에게 손실이 전가되는 경우가 발생되고 있다. 본 연구에서 다루게 될 선사 선정문제를 제약조건과 함께 정리하면 다음과 같다.

■ 화주의 일반주문인 경우

- 선정문제 1: 어떤 선박을 선택할 것인가?
- 선정문제 2: 화주들의 다수 화물을 어떻게 조합할 것인가?

<p><제약조건></p> <ul style="list-style-type: none"> ① 선박의 출발일, 도착일과 화물의 출고일, 인수일, 물량을 동시 고려 ② 화물의 물량은 선적하고자 하는 선박의 잔여 선복량보다는 적거나 같음 ③ 화물의 종류가 모두 동일하고 최종 목적지가 같다고 가정 ④ 선박의 선복량에 따른 운송비 조절은 모든 선박이 동일하며 운송절감비와 화물물량사이에는 일정한 상관관계가 존재
--

■ 화주의 긴급주문인 경우

- 선정문제 1: 어떤 선박에 선적할 것인가?
- 선정문제 2: 선복이 부족할 경우, 기존의 선적 예정된 화물 중 어떤 화물과 대체하는 것이 최적인가?

<p><제약조건></p> <ul style="list-style-type: none"> ① 일반주문의 제약조건 만족 ② 긴급주문의 경우, 일반주문의 경우보다 운송비가 높음 ③ 긴급주문의 운송비는 대체를 통한 손실이 발생할 경우 이를 모두 보상할 수 있도록 책정되어짐 ④ 기존 화물은 다른 선박에 반드시 선적되어야 함 ⑤ 기존 화물과 대체될 경우, 긴급화물의 물량이 선박의 잔여 선복보다 적거나 같아야 함
--

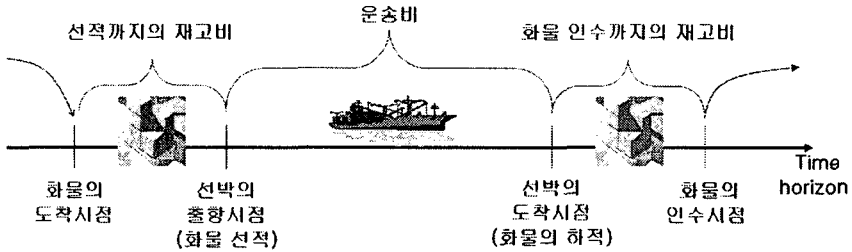
또한 본 연구에서 다루게 될 선박의 종류는 컨테이너에 의한 정기선 운송의 경우로 한정한다.

3. 협상 모델링

3.1 물류비 구성

해상운송은 수요와 공급의 원리에 의해 결정되는 것이지만 컨테이너에 의한 정기선 운송의 경우 항로별로 일종의 카르텔(Cartel)인 해운동맹 및 협정으로 선사들은 항로별 표정운임율(Tariff rate)을 책정하고 있다. 그러나 비동맹선사와의 경쟁으로 실제 선사가 징수하는 시장운송은 화주의 물량, 선적시기 등에 맞춰 형성되고 있다. 정기선의 운송은 용적 또는 중량을 기준으로 산출하고 있으며, 상품특성과 지역별에 따라 차등을 두어 결정된다(<http://www.shipowners.or.kr>). 그러나 본 연구에서는 앞서 문제정의에서 제시한 바와 같이 동일한 목적항과 동일한 종류의 상품으로 한정하며, 컨테이너 내 적재화물만을 고려한다. 또한 본 연구에서는 운송비 외에 화물이 선박에 선·하적되기 전, CY(Container Yard)나 CFS(Container Freight Station) 등에 보관되는 일종의 재고비를 고려하였다. 이러한 재고비는 화물을 선·하적하기 위한 일정계획 시 고려되는 요소로 화주에게는 추가비용으로 부과된다. 본 연구에서 고려되는 물류비의 구성은 크게 [그림 2]와 같다.

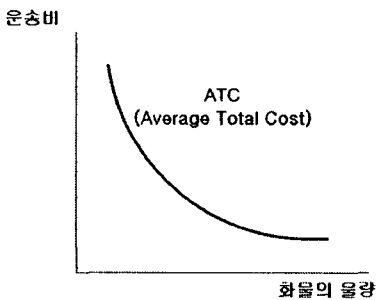
- 화물 선적까지의 재고비 : (선박의 출항시점 - 화물의 도착시점) x 화물의 물량 x 1일 재고비용
- 화물 인수까지의 재고비 : (화물의 인수시점 - 선박의 도착시점) x 화물의 물량 x 1일 재고비용



[그림 2] 물류비의 시점별 구성

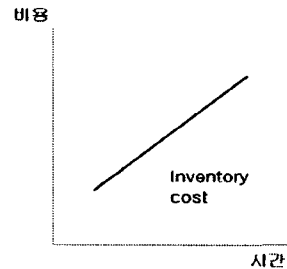
- 운송비 : 선박의 출항지부터 도착지까지의 운송비용

물류비 구성 중 운송비는 대부분 고정비이다. 고정비는 선박의 감가상각, 선박투자금리, 보험료, 연료비, 인건비 등으로 구성된다. 특정한 시점까지 선적할 다수의 화물이 존재하고, 모든 출항 가능한 선박의 전체 선복량이 모든 화물의 물량보다 클 경우, 모든 선박에 선적하는 것보다 특정한 선박에 화물을 집중시키면 불필요한 선박의 출항을 제거함으로써 운송비를 절감하는 것이다. 이러한 이유로 [그림 3]과 같이 화물의 물량에 따라 운송비가 감소되는 근거가 된다. 본 연구에서 운송비 평균총비용(ATC) 곡선의 변화율은 모든 선박이 동일한 것으로 본다.



[그림 3] 운송비 평균총비용

결국, 물류비의 구성은 선박의 운송비와 화물의 재고비로 구성된다. 이는 선박 선정 때 각각의 LCL마다 운송비와 재고비의 최소 합계를 만족하는 선박을 선택하며, 콘솔과정에서 화물의 집중을 통하여 전체 운송비 절감을 얻게되지만, 화물을 최대한 모을 수 있는 시점까지 선박의 선·하적 시기가 늦어짐으로써 [그림 4]처럼 재고비가 상승하게 된다.



[그림 4] 재고비 비용

그러므로 이러한 두가지 비용에 대한 최적점을 도출하는 것이 중요하다. 이러한 물류비의 구성을 토대로 물류비 최소화를 목적함수로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{Minimize } T(C) = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{i \in j} \alpha_i \cdot FV_i \cdot (SD_j - FA_i) \right] + \sum_{j=1}^n \left[\sum_{i \in j} \beta_i \cdot FV_i \cdot (FR_j - SA_j) \right] + \sum_{j=1}^n FC_j$$

$T(C)$: 총물류비
n	: 선적계획에 포함되어 있는 선박의 개수
V_j	: j 번째 선박에 선적하는 화물의 집합
FA_i	: Freight Arrival Time, i 번째 화물이 출고되어 선적항에 도착한 시간
SD_j	: Ship Departure Time, j 번째 선박의 선적항 출항일
FR_i	: Freight Receipt Time, i 번째 화물이 하적항에 도착되어 수취인에 의한 인수일
SA_j	: Ship Arrival Time, j 번째 선박의 하적항 도착일
α_i	: A daily inventory cost until freight loading, i 번째 화물의 선적항 일일 적재보관료
β_i	: A daily inventory cost until freight receipting, i 번째 화물의 하적항 일일 적재보관료
FC_j	: Fixed cost of ship carriage, j 번째 선박의 고정운송비
FV_i	: Freight Volume, i 번째 화물의 물량

3.2 에이전트 협상방법론

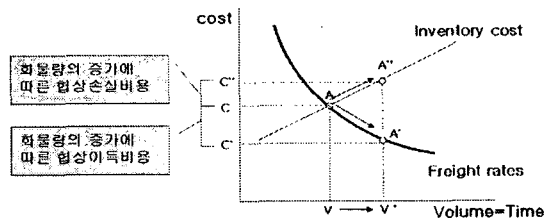
물류비 구성에서 나타난 운송비와 재고비간의 관계에서 최적점은 목적함수의 최소값이 되므로 이를 해결하기 위한 방법론으로 본 연구에서는 에이전트 협상을 이용하였다. 먼저 선사의 이득을 수식으로 표현하면 다음과 같다. 이때 p 는 선사의 화물단위당 평균운송가격이다.

$$\text{선사의 이득} = \sum_{i \in V_j} FV_i \times p_j - FC_j$$

위 식에서 선사에게는 운송비(FC)가 고정이므로, 선적화물의 총량($\sum FV_i$)을 최대화 시킴으로써 선사의 이득이 증가한다. 그러므로 선사는 화주에게 한 개의 화물단위당 운송비($FC/\sum FV_i$)를 절감시켜 줄 수 있다. 이를 위해 화주는 다른 화주와의 협상과정을 통해 화물을 집중시키게 된다. 이러한 협상 진행과정을 정리하면, 화주는 먼저 자신의 일정과 물량에 대한 조건을 만족시키는 최소비용을 찾아 선박을 결정한다. 그러나 물량을 집중함으로써 화주는 선사로부터 받을 수 있는 운송비의 감소분으로 인해 다른 화주와 협상을 진행하

여 선박을 재선정하게 된다. 결국 협상을 통해 최선책의 선박에 화물을 집중시키고, 이는 선사에게는 더 큰 이득으로, 화주는 선사 이득분에 비례하여 운송비를 절감받게 되며, 전체 물류비에서도 최소화를 달성하게 된다.

[그림 5]와 같이 화주의 선박 선정 1단계에서 결정된 점A는 2단계에서 화주간의 협상을 통해 물량이 V 에서 V' 로 증가하게 되고, 화물단위당 운송비는 점A에서 A'로 진행되어 비용은 C에서 C'의 감소폭만큼 이득을 얻게된다. 재고비는 협상을 통해 선정된 선박이 1단계에서 결정된 선박의 출항일보다 늦어지거나 또는 도착일보다 빨라짐으로써 점A에서 A''로 진행되어 비용은 C에서 C''만



[그림 5] 협상을 통한 화물물량의 변화가 물류비에 미치는 영향

큼 증가폭을 갖는다. 결국 협상을 통해 비용의 감소폭(운송비)과 증가폭(재고비)의 차이가 가장 클 때까지 물량을 집중 시키게 된다.

본 연구에서 제시한 에이전트 협상방법론은 크게 두 가지로 구성된다. 하나는 화주의 일반주문인 경우이고 또 하나는 긴급주문인 경우이다. 이에 대한 협상 프로세스를 정리하면 다음과 같다.

■ 화주의 일반주문인 경우 협상 프로세스

<기본조건>

- 화물(화주 에이전트)의 기본조건 : 출고일, 인수일, 물량
- 선박(선사 에이전트)의 기본조건 : 출항일, 도착일, 잔여선복

- Step 1 : 각각의 화주는 자신의 화물 기본조건을 고려하여 (다수의) 선박 선택
- Step 2 : 선택된 선박 중 가장 저렴한 물류비(운송비+재고비) 계산
- Step 3 : 선박의 우선순위와 우선순위개수 결정. 각각의 화주는 최소 물류비가 나온 선박을 최선책으로, 두번째로 낮은 비용의 선박을 차선책으로 선택(Step 1이 만족하는 조건에서 선박의 수만큼 차선책 우선순위가 매겨짐)
- Step 4 : 각 최선책 선박의 잔여 선복 계산
- Step 5 : 협상주도자 결정. 최선책으로 선택된 선박 중 잔여 선복이 가장 큰 선박에 실린 화물의 화주가 협상주도자로 결정. 선박의 잔여선복이 같을 경우 차선책 선박의 개수가 적은 화주가 협상주도자로 결정
- Step 6 : 협상대상자 결정. 협상주도자를 제외한 나머지 화주 중 자신의 차선책 선박이 협상주도자의 최선책 선박과 동일할 경우 협상대상자로

결정

- Step 7 : 협상주도자의 최선책 선박 선복에 따른 협상대상자의 화물 조합. 협상주도자의 최선책 선박 선복량보다 같거나 적도록 협상대상자(들)의 화물을 조합
- Step 8 : 협상대상자의 협상 우선순위 결정. 협상주도자는 최선책 선박의 잔여선복량이 협상대상자(들)의 화물 조합 합계와 같거나, 근사치순으로 협상 우선순위 결정
- Step 9 : 협상주도자의 협상 후 비용 계산 (선복 증가에 따른 절감운송비)
- Step 10 : 협상대상자의 협상 후 비용 계산 (선복 증가에 따른 절감운송비 + 최선책과 차선책간의 재고비 차액)
- Step 11 : 협상대상자의 이득/손실 계산. 협상대상자의 협상 후 비용이 양이면 이득(종료), 음이면 손실 발생
- Step 12 : 협상주도자의 보상 계산. 협상대상자가 손실이 발생하면 협상주도자는 협상 후 비용에서 발생한 이득 중 손실 보상 계산(협상주도자의 절감운송비 - 협상대상자의 손실)
- Step 13 : 협상주도자의 보상이 양이면 협상성공(종료). 음이면, Step 8에서 결정된 협상우선순위 별로 진행(Step 8 반복)
- Step 14 : 협상대상자의 마지막 협상우선순위에 서도 협상주도자의 보상비용이 음이면 협상실패(종료)

■ 화주의 긴급주문인 경우 협상 프로세스

일반주문의 기본조건과는 동일한 상황에서 일반주문 협상 프로세스의 Step 1~3까지는 동일하게 진행된다. 그러나 긴급주문의 경우 반드시 최선책으로 결정된 선사에 선적을 해야하는 상황이

다. 차선택 선사에게 선적할 경우, 납기일 지연으로 인한 막대한 손실을 얻는다. 협상 프로세스상에서 긴급주문의 화주는 협상주도자가 되며, 선적 예정된 화주 중 최소의 손실을 가진 화주가 협상 대상자가 된다.

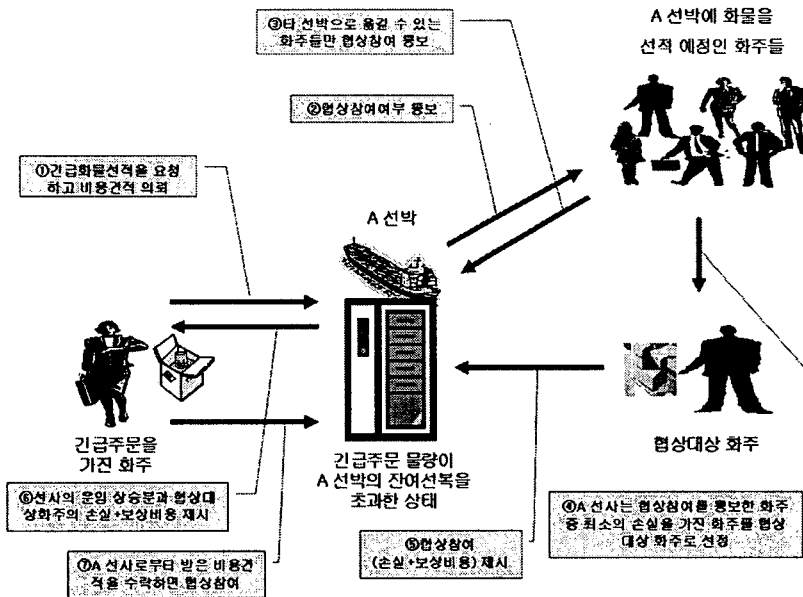
- Step 1 : 협상주도자는 자신의 기본조건에 대한 정보를 최선택 선사에게 통보하며 비용견적을 의뢰
- Step 2 : 선사는 선적예정된 모든 화주에게 협상 참여 여부를 통보
- Step 3 : 선적예정된 화주 중 최선택 또는 차선택으로 이동할 수 있는 화주만이 협상에 참여할 수 있으며, 이때 이동에 대한 손실을 선사에게 통보
- Step 4 : 다수의 선적예정된 화주로부터 받은 손실 중 가장 최소값을 제시한 화주를 협상대상자로 선정하고, 협상주도자의 물량이 협상대상자

의 물량보다 적을 경우 선복감소로 인한 선사의 운송 상승분과 협상주도자의 손실 보상비용의 합계를 계산하여 기본 운송비의 추가비용으로 협상주도자에게 전달

- Step 5 : 협상주도자는 선사로부터 제시된 운송비가 차선택으로 이동할 시 발생하는 손실비용보다 적을 경우, 협상에 참여(종료)

[그림 6]에서는 화주의 긴급주문인 경우에 이루어지는 협상 프로세스를 정리하였다.

또한 본 에이전트 협상에서는 재선택 과정에서 협상주도자가 최선택의 선박에 선적함으로써 발생하는 이득이 선사의 운임상승분과 협상대상자의 손실 및 보상비용을 지불하더라도, 자신이 차선택 선박에 선적하는 경우보다 이득이 클 경우 협상이 성공적으로 종료하도록 하였다. 이는 기존의 경매시스템이 offer와 counter-offer에 의한 가격조정이 중심이었다면, 본 에이전트 협상은 할당



[그림 6] 긴급주문인 경우의 협상 프로세스

메커니즘에 중심을 두고 있으며, 모든 협상참여자의 이득이 발생하고, 전체 관점에서 이득이 증가될 경우, 협상은 계속 진행되며, 만약 다른 협상 참여자의 희생없이 특정 협상참여자의 이득이 증가되지 않고 전체 관점에서 이득의 증가가 없을 때, 이를 파레토 최적해로 보았다(Kawamura et al., 2004).

4. 실험

4.1 기본설정

본 연구에서 제시한 협상방법론을 통해 전체 물류비를 감소시킬 수 있음을 증명하기 위해 먼저 다음과 같은 기본적인 실험 설정을 하였다.

- SBF(Scheduling Bundle Factor) : 선적 시 화물의 동시 처리량, $SBF = \{1, 2, \dots, 11, 12\}$ (화물의 순서)
- EPDS(Earliest Possible Departure-date Scheduling) : 화물의 납기일을 만족하는 다수의 선박 중 가장 빠르게 출항하는 선박부터 선적하는 경우
- LPDS(Latest Possible Departure-date Scheduling) : 화물의 납기일을 만족하는 다수의 선박 중 가장 늦게 출항하는 선박부터 선적하는 경우

SBF는 선적계획때 화물의 누적개수를 표현하는 것으로 SBF=1일 때에는 하나의 화물이 들어오면 곧바로 선적을 하는 경우이며, SBF=12인 경우에는 화물이 총12개가 누적될 때까지 선적시기를 기다렸다가 12개를 동시에 선적하는 경우가 된다.

그러므로 SBF가 늘어날수록 선적의 시기는 길어지게 된다.

<표 1>은 선박의 기본 정보로 총 5대의 선박을 고려하며, 모든 선박의 선복량은 100TEU로 동일하다. 선박마다 각각의 출항일과 도착일을 가지고 있으며, 운항기간은 모두 20일로 동일한 것으로 가정한다. <표 2>는 화물의 기본정보로 총 12개의 화물을 고려하였으며, 화물마다 각각의 물량과 납기일을 가지고 있다. 또한 하나의 화물 건적의

<표 1> 선박 기본정보

선박번호	출항일(일)	도착일(일)
1	5	25
2	6	26
3	7	27
4	8	28
5	9	29

<표 2> 화물 기본정보

화물번호	화물물량 (TEU)	납기일 (일)	선적 가능한 선박번호(1단계)
1	65	27	1,2,3
2	60	26	1,2
3	55	29	all
4	50	27	1,2,3
5	45	26	1,2
6	40	30	all
7	35	28	1,2,3,4
8	30	29	all
9	25	25	1
10	20	28	1,2,3,4
11	15	26	1,2
12	10	30	all

뢰가 들어온 뒤, 다음 화물이 들어올 동안 일정한 기간이 유지되며, 선적계획 시에는 다음 화물에 대한 수요예측이 불가능한 상태이다. 선박의 1단계 선정 시, 하나의 화물 물량이 각 선박의 선복을 초과하지 않으며, 이때 선적 가능한 선박번호를 표기하였다.

다음으로 EPDS(Earliest Possible Departure-date Scheduling)와 LPDS(Latest Possible Departure-date Scheduling)는 현업에서 이루어지는 선적방법이다. EPDS와 LPDS 모두 선박의 1단계 선정 시에 선박의 출항일, 도착일, 선복 그리고 화물의 납기일, 물량을 고려하여 선적을 하게 된다. 2가지 선적방법의 차이점은 EPDS의 경우, 화물 선적요청이 들어오는 대로 선박에 실시간으로 선적하는 것으로 화물의 기본정보를 만족하는 다수의 선박 중 가장 빠르게 출항하는 선박에 우선적으로 선적하며, 한 선박의 선복이 초과되지 않을때까지 계속 선적하게 된다. 이는 화물의 집중을 통한 운송비 절감효과 때문이다. LPDS의 경우, EPDS와 차이점은 단지 화물의 기본정보를 만족하는 다수의 선박 중 가장 늦게 출항하는 선박에 우선적으로 선적하는 것으로, 이는 차후에 들어올 화물 중 납기일이 촉박한 화물을 고려하기 위해서이다. <표 3>은 선박의 선복에 따른 운송비 단가이다.

<표 3> 선박의 선복에 따른 운송비 단가

잔여 선복비율	선복량	운송단가
0%	100	8.7
10% 이하	90 이하	9.3
30% 이하	70 이하	10.5
50% 이하	50 이하	12
70% 이하	30 이하	13.8

이와 같은 기본적인 실험 설정 후, SBF에 따른 EPDS와 LPDS의 선적결과를 비교하였다. 선적결과와 평가는 재고비, 운송비, 이 둘의 합계인 물류비로 SBF에 따른 변화를 살펴보았다. 재고비와 운송비의 산출방법은 아래와 같다

- 선적까지의 재고비 : (선박의 출항일 - 화물의 도착일) x 선박의 선적량
- 인수까지의 재고비 : (화물의 인수일 - 선박의 도착일) x 선박의 선적량
- 운송비 : 한 선박의 선적량 x 운송비 단가
- 물류비 : 재고비 + 운송비

4.2 실험결과

기본설정을 토대로 선박의 1단계 선정 결과는 <표 4>에서 <표 10>까지이다. SBF를 1부터 12까지 적용한 후, 의미있는 결과만을 도출하기 위해 SBF={1,4,8,12}만을 적용하고 나머지는 본 결과에서 제외하였다.

<표 4>와 <표 5>를 비교해보면, LPDS는 가능한 모든 화물의 납기일을 준수하기 위해 모든 선박에 골고루 선적을 함으로써 미선적 화물의 개수가 1개(미처리 물량합 45)로 EPDS보다 현저히 적으며, 재고비 또한 매우 낮았다.

EPDS는 선적계획 시 실시간으로 처리되므로, 총 12개의 화물 중 4개의 화물(미처리 물량합 135)을 선적하지 못해 재고비는 상대적으로 매우 높다. 그러나 선적된 화물의 집중에서는 LPDS보다 효율성이 좋아 운송비가 매우 낮았다. 이를 선적 처리된 화물만을 고려하여 10TEU당 물류비로 환산해 보면 EPDS는 101.49, LPDS는 104.12로 나타난다(<표 11> 참조). 이러한 결과는 <표 4>와 <표 5>의 물류비 차액보다는 현저히 줄어드나,

<표 4> SBF=1, EPDS의 경우

선박번호	도착일	선적화물물량 (화물종류)				선적 합계	잔여 선적	재고비	운송비	물류비	미처리 주문물량(종류)
1	25	65	35			100	0	117.5	870.0	987.5	50, 45, 25, 15
2	26	60	40			100	0	80.0	870.0	950.0	
3	27	55	30	10		95	5	100.0	883.5	983.5	
4	28	20				20	80	0	276.0	276.0	
5	29					0	100				
합계						315	185	297.5	2899.5	3197.0	135

<표 5> SBF=1, LPDS의 경우

선박번호	도착일	선적화물물량 (화물종류)				선적 합계	잔여 선적	재고비	운송비	물류비	미처리 주문물량(종류)
1	25	50	25			75	25	50.0	787.5	837.5	45
2	26	60	15			75	25	0	787.5	787.5	
3	27	65				65	35	0	780.0	780.0	
4	28	35	30	20	10	95	5	25.0	883.5	908.5	
5	29	55	40			95	5	20.0	883.5	903.5	
합계						405	95	95.0	4122.0	4217.0	45

<표 6> SBF=4, EPDS의 경우

선박번호	도착일	선적화물물량 (화물종류)				선적 합계	잔여 선적	재고비	운송비	물류비	미처리 주문물량(종류)
1	25	60	35			95	5	82.5	883.5	966.0	45, 25, 15
2	26	65	30			95	5	77.5	826.5	904.0	
3	27	50	40			90	10	60.0	837.0	897.0	
4	28	55	20	10		85	15	37.5	892.5	930.0	
5	29					0	100				
합계						365	135	257.5	3439.5	3697.0	85

<표 7> SBF=4, LPDS의 경우

선박번호	도착일	선적화물물량 (화물종류)				선적 합계	잔여 선적	재고비	운송비	물류비	미처리 주문물량(종류)
1	25	50	45			95	5	72.5	883.5	956.0	25
2	26	60	15			75	25	0	787.5	787.5	
3	27	65				65	35	0	780.0	780.0	
4	28	35	30	20	10	95	5	25.0	883.5	908.5	
5	29	55	40			95	5	20.0	883.5	903.5	
합계						425	75	117.5	4218.0	4335.5	25

<표 8> SBF=8, EPDS의 경우

선박번호	도착일	선적 화물물량 (화물종류)				선적 합계	잔여 선적	재고비	운송비	물류비	미처리 주문물량(종류)
1	25	60	40			100	0	130.0	870.0	1000.0	25, 15, 20
2	26	45	50			95	5	25.0	883.5	908.5	
3	27	65	35			100	0	17.5	870.0	887.5	
4	28	55	30	10		95	5	52.5	883.5	936.0	
5	29					0	100				
합계						390	110	225.0	3507.0	3732.0	60

<표 9> SBF=8, LPDS의 경우

선박번호	도착일	선적 화물물량 (화물종류)				선적 합계	잔여 선적	재고비	운송비	물류비	미처리 주문물량(종류)
1	25	50	45			95	5	72.5	883.5	956.0	25
2	26	60	15	20		95	5	20.0	883.5	903.5	
3	27	65	10			75	25	15.0	787.5	802.5	
4	28	35	30			65	35	15.0	780.0	795.0	
5	29	55	40			95	5	20.0	883.5	903.5	
합계						425	75	142.5	4218.0	4360.5	25

<표 10> SBF=12

선박번호	도착일	선적 화물물량 (화물종류)				선적 합계	잔여 선적	재고비	운송비	물류비	미처리 주문물량(종류)
1	25	25	60	15		100	0	37.5	870.0	907.5	
2	26	45	50			95	5	25.0	883.5	908.5	
3	27	65	35			100	0	17.5	870.0	887.5	
4	28	30	20	10		60	40	25.0	720.0	745.0	
5	29	55	40			95	5	20.0	883.5	903.5	
합계						450	50	125.0	4227.0	4352.0	0

물류비에서 운송비가 차지하는 비율이 더 크므로, 여전히 EPDS가 전체 물류비 측면에서 더 저렴함을 알 수 있다. 이러한 결과는 SBF가 4, 8인 경우에도 동일하게 도출된다.

SBF 12인 경우에는 모든 화물이 누적되어 동시에 선적되므로, 화물의 집중화를 최대화 시킬 수 있다. 그러므로 미처리주문이 하나도 발생되지 않

으며, 이로 인한 운송비 절감효과를 크게 볼 수 있다. 또한 모든 화물의 선적을 동시에 처리하므로 EPDS와 LPDS의 선적개념이 적용되지 않는다.

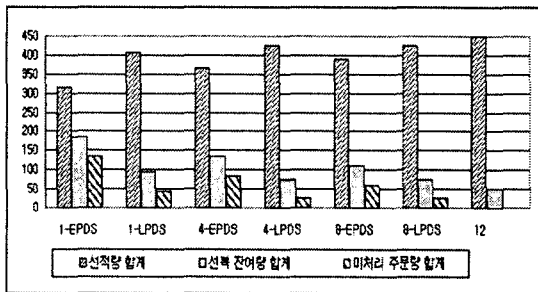
4.3 결과분석

앞절에서 도출된 실험결과를 종합하면 <표 11>과 같다. 선적량 합계와 미처리 주문량 합계를

<표 11> 1단계 선박선정 실험결과(종합)

처리량 /선적방법	선적량 합계	선복 잔여량 합계	미처리 주문량 합계	재고비	운송비	물류비	재고비 대 물류비 비율	10TEU당 물류비단가
1-EPDS	315	185	135	297.5	2900	3197	10%	101.49
1-LPDS	405	95	45	95.0	4122	4217	2%	104.12
4-EPDS	365	135	85	257.5	3440	3697	7%	101.29
4-LPDS	425	75	25	117.5	4218	4336	3%	102.01
8-EPDS	390	110	60	225.0	3507	3732	6%	95.69
8-LPDS	425	75	25	142.5	4218	4361	3%	102.60
12	450	50	0	125.0	4227	4352	3%	96.71

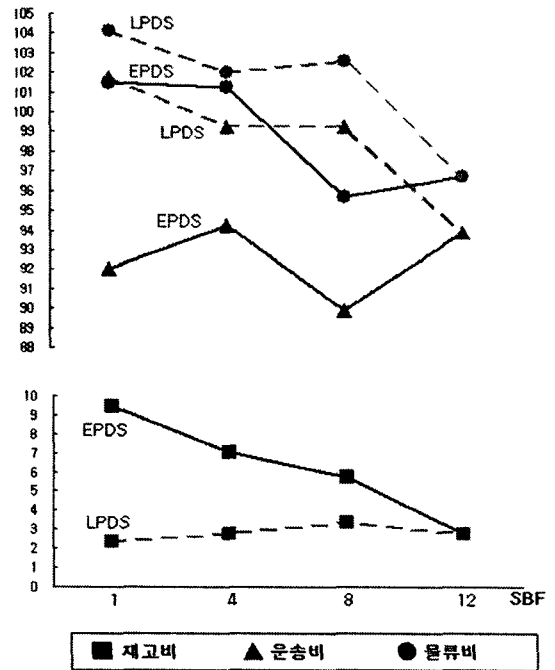
선적처리의 효율성으로 평가해 볼 때 SBF가 클수록 효율성이 높음을 알 수 있다. [그림 7]에서는 처리량과 선적방법에 따른 선적량, 선복잔여량, 미처리주문량을 그래프로 표현하였으며, SBF가 커짐에 따라 효율성도 증가됨을 확인할 수 있다.



[그림 7] 처리량과 선적방법에 따른 선적량 · 선복잔여량 · 미처리주문량 합계

[그림 8]은 앞서 도출된 결과에서 선적된 주문만을 고려하여 적용된 10TEU당 재고비, 운송비, 물류비의 환산값이다. 앞서 도출된 선적 처리 효율성에서 가장 좋은 결과를 보였던 SBF 12, SBF 8-LPDS보다 SBF 8-EPDS가 최소 물류비로 도출되었다. SBF 8-EPDS가 비록 미처리 주문량 합

계에서는 60 이지만, 처리된 주문량 390에 있어서는 가장 효율적인 선적이 이루어졌음을 알 수 있다. 이는 EPDS 선적방법이 LPDS에 비해 초기에는 선적 효율성이 떨어지지만, SBF가 늘어날수록



[그림 8] 1단계 선적결과

<표 12> 2단계 선박선정 실험결과(종합)

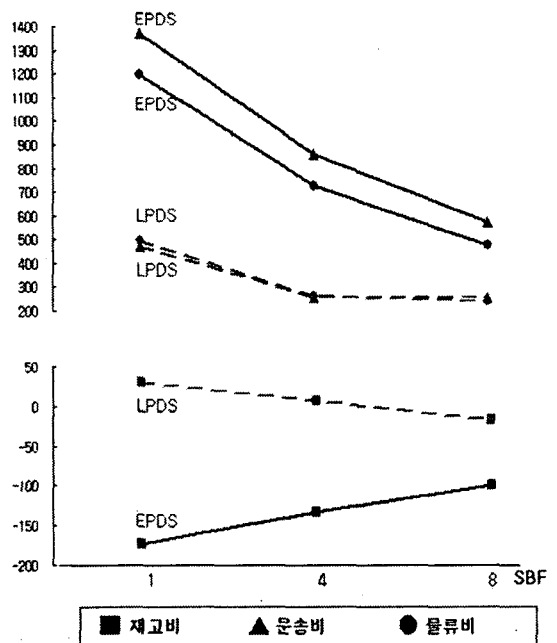
처리량 /선적방법	미처리주문의 추가 운송비	미처리주문의 추가 재고비	미처리주문의 추가 물류비	미처리 화물 협상 후 최종 물류비	협상을 통한 이동화물개수	변동 화물량 합계
1-EPDS	1370.14	-172.5	1197.64	4394.64	7	295
1-LPDS	468.56	30.0	498.56	4715.56	4	160
4-EPDS	860.95	-132.5	728.45	4425.45	6	275
4-LPDS	255.03	7.5	262.53	4598.03	5	205
8-EPDS	574.15	-100.0	474.15	4206.15	2	95
8-LPDS	256.50	-17.5	239.00	4599.50	7	235
12	0	0	0	4352.00	0	0

누적화물이 많아져 재고비의 증가분보다 선적의 효율성을 통한 운송비의 절감효과가 가장 크기 때문이다.

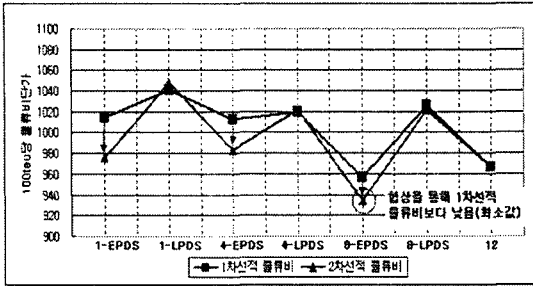
다음으로 <표 12>는 협상을 통해 결정된 2단계 선박 선정 실험결과이다. 2단계 선정은 1단계 선정 시 미처리된 주문을 협상을 통해 선박을 재선정하게 된다. SBF 12인 경우를 제외하고 모든 선적방법에서 미처리 주문이 발생했으므로, 이미 선적예정된 화물과의 협상을 통해 재선적을 하게 된다. 협상을 통해 화물을 재선적하였을 때, 각 선박의 최적 화물 조합은 SBF 12가 되므로 미처리 주문의 추가운송비는 미처리주문량과 <표 11>에서 도출된 10TEU당 운송단가를 곱하여 계산하고, 재고비는 SBF 12 재고비에서 각 처리량의 현 재고비 차감값이 된다. <표 12>에서 도출된 미처리 주문에 대한 추가 재고비, 운송비, 물류비의 증가·감소 추세는 [그림 9]와 같다.

[그림 10]은 본 실험의 마지막 결과로 협상을 통해 선박선정이 종료 된 후 도출되는 물류비의 변화를 1단계 선적 물류비와 비교해 놓은 것이다. 협상을 통해 재선정된 물류비 결과가 1단계 선정 물류비와 비교해 볼 때, 최소 물류비에 대한 순위

변화는 크게 발생하지 않았다. 그러나 여기서 주목할 점은 협상을 통해 화물을 재선적 함으로써 1단계 선정시의 물류비보다 감소된다는 사실이다. SBF 1-LPDS, SBF 4-LPDS의 경우 2단계 선정



[그림 9] 2단계 선적에 따른 추가 운송비, 재고비, 물류비



[그림 10] 2단계 선적 후 물류비 변화

후 물류비가 아주 경미하게 증가하였고, SBF 12인 경우에는 동일하게 도출된다. 이 경우를 제외하고 EPDS 선적방법에서는 협상을 통해 물류비를 크게 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

이러한 원인은 [그림 9]를 통해 분석할 수 있다. 앞서 제기한 바와 같이 1단계 선정결과 LPDS보다 EPDS 선적방법이 운송비의 절감폭으로 인해 최소 물류비를 도출하였다. 문제는 상대적으로 EPDS 선적방법이 LPDS에 비해 높은 재고비를 유지하고 있으나, 협상을 통해 이러한 재고비의 하락에 큰 영향을 미쳐 2단계 선정 결과에서는 더 저렴한 물류비를 발생시킬 수 있다.

또한 SBF 12의 경우처럼 가장 늦은 시기에 모든 화물을 동시선적하는 것보다 일정기간동안 화물을 누적시킨 뒤, 출항일이 빠른 선박부터 선복을 최대한 고려하여 화물을 집중시키고, 미처리된 주문이 발생할 경우 협상을 통해 해결하는 것이 전체 물류비 차원에서 더욱 효율적임을 알 수 있다. 이러한 미처리된 주문을 협상을 통해 해결하는 것은 선적계획 시 긴급주문이 발생하는 경우에도 동일하게 적용된다.

본 협상방법론 실험을 통해 화물의 집중으로 전체 물류비를 감소시킬 수 있으며, 협상에 참여하는 모든 선사와 화주의 이득이 증대될 수 있음

을 증명하였다.

SBF=12와 같이 모든 화물을 누적 한 후, 일괄적으로 선박에 선적하는 것이 선적계획 시 가장 효율적인 선적방법이다. 그러나 화주의 선적요청이 의뢰된 후, 화주에게 선적 계획된 선박의 정보(선박명, 항차, 출항일 등)를 곧바로 통보해야 하므로 일괄적으로 화물을 선적하는 것은 현실적으로 실현불가능하다. 그러므로 포워드의 선적계획 업무에서는 EPDS 선적방법이 일반적으로 사용되고 있다. 그러나 EPDS의 방법은 앞서 제기된 바와같이 미처리 주문의 발생, 긴급주문 처리 시 화물의 재선적으로 인한 물류비 상승으로 화주의 손실이 발생할 수 있다. 이는 화물의 선적 및 재선적을 위한 시스템적 해결방안이 없기 때문이다. 그러므로 이를 해결하기 위해 에이전트 협상을 제안하였다.

화물 선적의 집중을 위해 재선적 과정에서 발생하는 재고비의 증가와 운송비의 감소폭을 최대화 시키기 위해 우선적으로 선박의 출항일에 따른 선적일 계산, 잔여 선복량 계산, 선복량에 따른 운송단가 등을 고려하여 운송비와 재고비를 도출하였으며, 이를 바탕으로 화물 선적 및 재선적 시의 이득 및 손실을 계산하여 에이전트간의 협상요소로 활용하였다. 이러한 수리적 계산은 본 연구에서 제안한 물류비 목적함수를 이용하였다. 이러한 수리적 계산으로 도출된 정보를 바탕으로 협상참여자간 서로 신뢰하고 협력할 수 있도록 에이전트 협상시스템을 제안하였으며, 이때 활용할 수 있는 협상 프로세스 및 협상방법론을 제안하였다. 본 협상시스템은 기존의 에이전트에서 활발히 다루어졌던 Broker, Mediator와 같은 중개 에이전트의 역할을 담당하는 것으로 선사나 포워드에서 활용할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 전체 물류비를 감소시키기 위한 방안으로 협상방법론을 제안하였다. 현재 3자 물류업체에서 이루어지는 선정문제는 본 연구에서 제기한 1단계 선정문제에만 집중되어 있으며, 2단계 선정 시 고려되어야 할 화물의 집중과 분배과정은 시스템의 부재로 인해 수작업으로 진행되어 비효율성 문제를 초래하고 있다. 화물의 선적 계획 때, 어느 시기까지 화물을 누적시키고, 어떤 선박에 얼마만큼 화물을 집중하고 분배할 것인가 하는 문제는 현업에서 상당히 중요하다. 이에 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 물류비의 구성요소를 살펴보고, 물류비 중 재고비와 운송비의 관계에서 최적점을 찾아내기 위해 화주간의 협력관계가 필요함을 인식하였다.

특히 운송비의 절감을 통해 얻을 수 있는 전체 물류비의 감소효과에 착안하여 일반주문인 경우와 긴급주문인 경우를 모두 고려할 수 있는 협상방법론을 개발하였다. 협상방법론을 통해 일반 현업에서 이루어지고 있는 선정방법 중 EPDS의 효율성을 크게 증가시킬 수 있음을 실험으로 증명하였다. 실험결과 LPDS 선정방법이 운송비보다는 재고비 감소에 오히려 영향을 미치며, EPDS 선정방법이 LPDS에 비해 운송비 감소에 더 큰 영향을 미쳐 더욱 효율성이 있음을 알 수 있었다. 이러한 EPDS가 실시간 선적으로 인해 발생될 수 있는 근시안적 선정이라는 비효율성을 협상방법론을 통해 해결할 수 있다.

본 연구에서 물류비의 구성을 재고비와 운송비만으로 구성하였고, 화물과 선박에 대한 데이터의 수가 제한되었다는 한계점은 차후 연구를 통해 해결하도록 하겠다.

참고문헌

- [1] 박영태, 강승우, (2002). “효율적인 수배송관리를 위한 물류 정보시스템개발에 관한 연구,” 유통정보학회지, 제5권, 제2호, pp.35-53.
- [2] 정근채, (2004). “Dynamic Matching Algorithms for Internet-based Logistics Brokerage Agents,” 대한산업공학회/한국경영과학회 2004 춘계학술대회.
- [3] Baita, F., Pesenti, R., Ukovich, W., and Favaretto, D., (2000). “A Comparison of Different Solution Approaches to the Vehicle Scheduling Problem in a Practical Case,” Computers and Operations Research 27, pp.1249-1269.
- [4] Baker, B. M, and Sheasby, J., (1999). “Extensions to the Generalized Assignment Heuristic for Vehicle Routing,” European Journal of Operational Research 119, pp.147-157.
- [5] Jeong, K. C., (2003). “Multi-Criteria Decision making based Logistics Brokerage Agents,” IE Interfaces 16, pp. 473-484.
- [6] Karacapilidis, N. and Moratis, P., (2001). “Building an Agent-mediated Electronic Commerce System with Decision Analysis Features,” Decision Support Systems 32, pp.53-69.
- [7] Kawamura, H., Yamamoto, M., and Ohuchi, A., (2004). “Multiagent Analysis of Customer-driven Reservation Adjustment System,” APIEMS Conference 2004, pp.26.4.1-26.4.14.
- [8] Kim, J.U., and Kim, Y.K., (1999). “A Decomposition Approach to a Multi-period Vehicle Scheduling Problems,” Omega 27, pp.421-430.
- [9] Kurumatani, K., (2002). “User Intention

- Market for Multi-agent Navigation,” AAAI 2002 Workshop on Multiagent Modeling and Simulation of Economic Systems, pp.1-4.
- [10] Sandholm, T., (2002). “Algorithm for Optimal Winner Determination in Combination Auctions,” *Artificial Intelligence* 135, pp.1-54.
- [11] Vukadinovic, K., Teodorovic, D., and Pavkovic, G., (1999). “An Application of Neurofuzzy Modeling: The Vehicle Assignment Problem,” *European Journal of Operations Research* 114, pp.474-488.
- [12] <http://www.shipowners.or.kr>
- [13] <http://www.momaf.go.kr>

Abstract

A Negotiation Method based on Consignor's Agent for Optimal Shipment Cargo

Kim, Hyun Soo* · Cho, Jae Hyung** · Choi, Hyung Rim* · Park, Nam Kyu***

The ship selection by consignors has two steps to carry their cargo. The first step is to select according to time schedule of ships and amount of cargo, and the second one is re-selection by concentrating different consigners' cargo into a unit that can be carried by single ship. Up to now, these steps are usually done by hands leading to inefficiency.

The purpose of our paper is to form a logistics chain to minimize the overall sum of logistics cost by selecting ships for consigners' cargo using negotiation methodology between agents. Through concentration and distribution of cargo, maximization of global profit derived from searching optimal point in trade-off between inventory cost and freight rate cost. It is settled by the negotiation between consignors.

In the experiments, two methods of the first-step of ship selection: EPDS(Earliest Possible Departure-Date Scheduling) and LPDS(Latest Possible Departure-Date Scheduling) coupled with the second-step ship concentration method using the negotiation were shown. From this, we deduced inventory cost, freight rates and logistics cost according SBF(Scheduling Bundle Factor) and analyzed the result. We found it will minimize the total logistics cost if we use negotiation method with EPDS.

Key words : Logistics, Optimal shipment, Ship selection, Agent negotiation, EPDS, LPDS, SBF

* Division of MIS, Dong-A University

** School of International Business and Area Studies, Busan University of Foreign Studies

*** Department of Distribution Management, Tongmyong University