

## 지역간 공동수송모형

# Region-to-Region Consolidated Transportation Model

김성봉, 유영진, 임석철\*

아주대학교 기계 및 산업공학부 산업공학전공

### Abstract

우리나라 기업 물류비의 67%가 수송비인 바, 수송비를 줄이지 않고는 물류비의 획기적인 절감은 불가능하다. 이제까지 수송비 절감을 위한 공동수송 방안이 일부 시도되었으나 별로 효과를 거두지 못하였다. 그 이유는 인터넷을 통한 완전공개식 운영은 영업정보의 누설 등이 우려되고 대부분의 영세한 중소기업에게는 사용하기 어려운 면이 있으며, 중앙의 공동물류센터를 설립하는 방안은 투자가 부담되기 때문으로 보인다. 본 연구에서는 이에 대한 대안으로 동일지역 소재 기업들끼리 다른 동일지역으로 가는 화물을 묶어서 대형화하는 “지역간 공동수송” 모형을 제시하고, 그 기대효과를 추정한다.

### 1. 서론

현재 우리나라 제조업체의 수송현실을 보면, 개별 기업이 낮은 적재효율과 과다한 비용을 지불해 가며 소량, 다빈도 배송을 행하고 있다. 국내 화물운송시 1톤미만의 소형트럭 이용비율이 80% 이상을 차지하고 있으며, 자사차량의 공차율이 49.0%로 영업용차량의 36.4%에 비해 현저히 높은 수준에 이르고 있다.[4]

현재 각 기업들은 단독으로 실시하는 단위기업의 물류합리화는 그 한계에 도달하였고 중소기업인에게는 자사 물류효율화가 충분히 이루어지기 어렵다는 인식이 확산되고 있다. 그리고 공동수송 방법은 물류공동화의 첫 번째 단계임에도 불구하고 우리나라에서는 이를 촉진하기 위한 노력이 별로 이루어지지 않았다. 또한 중소기업들이 대기업보다 물류공동화의 필요성을 높게 인식하는 것과는 대조적으로 대기업의 9.5%에 반해 중소기업은 6.3%로 물류공동화를 시행하는 업체의 비중은 더 낮게 나타나 물류공동화에 대해 과다한 비용부담, 성공으로 이끌 수 있는 절차 및 방법의 부재, 회사의 기밀 유지 등의 상당한 애로사항들을 가지고 있는 것으로 보인다.[8]

이러한 문제점을 해결할 수 있는 지역간 공동수송은 개별기업에서 수송체계의 한계를 극복하는데 가장 유효한 시책이 될 수 있고 운송업체의 처리물량을 증대시킬 수 있다. 그리고 공동수송을 하는 기업 상대방(Partner)에 따라서 거래량의 기록을 서로 보완해서 평균화에 의한 효율화를 도모할 수 있다.

본 논문은 물류의 5대기능 중 가장 큰 비중을 차지하는 수송을 중심으로 그 범위를 국한하여 연구하고자 하며, 공단내의 제조기업에서 출하되어 전국의 거래처(타사공장, 항만, 대형유통점 등)에 수송되는 제품들을 공동수송할 경우, 공동화에 의한 성과를 가시적으로 측정할 수 있는 공동수송 성과추정 모형을 개발하고자 한다.

### 2. 기존 연구 고찰

우리나라의 경우 물류공동화와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 주로 물류공동화 실현을 위한 정책적인 면과 기업 프로세스에 관련된 연구가 이루어지고 있으며 이러한 물류공동화에 관련된 것 중, 수송에 관련된 연구 또한 많이 이루어지고 있다. 이러한 수송관련 연구의 대부분은 수송 수단의 선택과 수송 경로에 대한 연구 및 배차 스케줄링에 관해 연구가 이루어지고 있다.

일단 물류공동화에 대한 연구를 보면 기업의 물류공동화 실태의 수요조사, 기업의 물류공동화 사례, 정부의 물류공동화 지원제도에 관한 연구[1, 4]가 이루어지고 있으며, 일본의 물류공동화 사례를 바탕으로 한 물류공동화 추진에 관한 연구가 이루어지고 있고, 또한 공동 집배송 시스템을 중심으로 일본의 물류공동화 정책과 사례의 연구[5]가 이루어지고 있다.

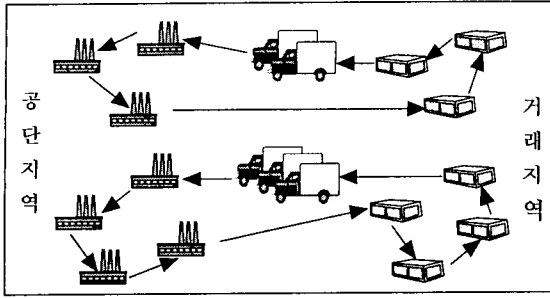
관련 논문들은 중소기업의 물류공동화에 대한 추진 방향에 관한 연구들이 있으며, 우리나라 중소수출기업의 물류공동화에 관련된 연구[9]가 있다.

현재까지 공동수송에 관한 논문은 소수에 불과할 뿐만 아니라 접근 방법과 대안제시 그리고 추진 방향 및 제도 등의 경영적인 부분을 많이 다루고 있을 뿐 중소기업에 바탕을 두고 보다 실질적이고 구체적인 연구는 부족한 현실이며, 더군다나 공동수송의 방법론 및 모형들은 국내 논문에서 찾아볼 수가 없는 실정이다.

### 3. 지역간 공동수송 모델링

일반적으로 공동수송 형태는 다음과 같이 3가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 코스별로 정해진 시간에 따라 정해진 운송업체 차량이 순회하여 필요한 물량을 집하한 후 수송하는 방식이 있고, 두 번째는 중간거점을 두고 각 제조업체가 단독으로

집하하면 중간거점에서 거래처까지 공동수송 하는 방식이 있다.



<그림 1.> 지역간 공동수송 개념도

세 번째는 운송업체의 차량 1대가 일정한 경로를 순회하여 필요 물품을 거래처로 공동수송하는 방식이 있다.

이에 비해 “지역간 공동수송”이란 <그림 1.>에서 보듯이 매일 소량의 상품을 출하하는 중소제조업체가 공단과 같은 일정 지역(Region)내에 위치해 있고, 수송해야 할 거래처도 일정지역(Region)내에 위치하고 있어야 한다.

이러한 환경하에서 현재와 같이 공단내에 위치하고 있는 많은 중소제조업체들이 개별적으로 거래처에 납품하는 종전과 달리 공단내에 위치한 복수의 기업들이 업종과 화물 혼재를 고려하여 공동으로 적재하여 기존 행선지로 수송하는 방법을 말한다.

이러한 지역간 공동수송은 별도의 물류센터의 설립 등 추가적인 투자가 불필요하고, 무엇보다도 인접한 소수의 기업이 불필요한 정보노출 없이 자체적으로 수행할 수 있다.

#### 4. 공동수송 성과추정 모형

일반적으로 제조기업들은 공동수송의 필요성을 절감하고 있으나 물류센터 설립, 정보투자비 등의 투자에 부담을 느끼고, 공동수송을 통한 구체적인 수송비 절감효과에 확신을 갖고 있지 못하다. 본 연구에서는 이러한 환경하에서 공동수송에 의한 성과를 가시적으로 측정할 수 있는 지역간 공동수송 성과추정 모형을 제시하고자 한다.

현재의 개별수송에서 공동수송을 시행하게 되면 수송비 외에 추가적인 정보기기 및 인력에 대한 비용과 공동수송에 따른 부대적인 비용의 발생이 예상된다. 하지만, 본 연구에서 제시한 지역간 공동수송은 별도의 물류센터 설립등의 추가적인 투자가 불필요하고, 협력기업들 간에 과도한 정보 노출없이 수행할 수 있기 때문에 기업 평균 물류비 중 가장 많은 부분을 차지하는 수송비만을 공동수송 성과 추정모형에서 고려하였다. 또한 일반적으로 물량데이터의 성질을 부피 데이터와 무게 데이터로 구분하는데, 본 연구에서는 차량의 배차시 무게 데이터만을 고려하여 공동수송 배차알고리즘을 개발하였고, 부피를 동시에 고려하는 배차 알고리즘 개발은 추후 연구과제로 돌린다.

##### 4.1 성과추정의 단계

본 연구에서 제시한 공동수송 성과추정 모형은 차량의 사용 대수에 따른 기본 수송비용과 추가 행선지에 따른 추가 수송비의 합이 최소가 되도록 하

는 것이다. 공동수송 성과 추정 모형을 단계별로 설명하면 다음과 같다.

- ① 공단내 각 참여기업별로 익일 출하예정량의 행선지별 출하량(무게) 데이터를 공단내의 공동수송본부에 네트워크로 전송한다.
- ② 공동수송본부에서는 매일 밤 이러한 데이터를 취합하여 행선지별로 물량을 모아서 다음의 알고리즘을 사용하여 공동배차한다.
- ③ 공동배차 결과로 얻어진 톤수별 차량 소요대수만큼을 수배하여 익일 행선지별로 공동적재하여 수송한다.

톤수별 가용차량은 무한하다고 가정한다. 공동수송시 차량의 소요대수를 구하기 위한 경험적 배차알고리즘은 다음과 같다.

##### 초기화 단계

- Step 1 : 가용한 차량톤수를 적재크기가 큰 차부터 작은차 순으로 내림정렬을 한다.
- Step 2 : 동일지역으로 가는 적재물들을 무게가 많은 것부터 적은 순으로 내림정렬을 한다.

##### 배차 단계

- Step 1 : 내림정렬된 차량중에서 적재량이 가장 큰 차량을 선택한다. 행선지 수=0
- Step 2 : 선택된 차량에 남아있는 적재물 중에서 무게가 가장 큰 적재물을 싣고, 행선지 수를 1 증가시킨다.
- Step 3 : 행선지 수와 최대행선지 수를 비교한다.
- 3.1 행선지 수가 최대행선지 수보다 작거나 같으면, Goto Step4.
  - 3.2 행선지 수가 최대행선지 수보다 크면, 방금 적재했던 물량을 차량에서 꺼내고, 행선지 수를 1감소시킨 후 Goto Step 5.
- Step 4 적재율을 계산한다.
- 4.1 적재율이 80%보다 작은 경우 더 적재할 물량이 남아있으면, Goto Step 2. 물량이 남아 있지 않으면 Goto Step 5.
  - 4.2 적재율이 0.8~1.1 구간 사이에 처음으로 들어오는 순간, 더 이상의 물량을 적재하지 않고, Goto Step 6.
  - 4.3 적재율이 1.1을 넘으면, 방금 적재했던 물량을 차량에서 꺼내고, 행선지 수를 1감소시킨다. 적재할 물량이 남아 있으면 Goto Step 2. 남아있지 않으면 Goto Step 5.
- Step 5 지금까지 적재했던 물량은 고정시키고, 차량 크기별로 적재율을 계산하여, 적재율이 가장 큰 차량을 선택한다. 이때 적재율이 1.1이 넘는 차량은 배차에서 제외시킨다. Goto Step 6.
- Step 6 차량을 배차한다.
- Step 7 적재할 물량이 남아 있으면 초기화 단계의 Step 1으로 간다. 물량이 남아 있지 않으면 종료한다.

- ④ 차량 용량별 수송비와 행선지당 추가비용을 사용하여 공동수송에 의한 수송비를 추정한다.
- ⑤ 실제 트럭 소요대수를 데이터를 사용하여 기존의 개별 수송에 의한 수송비를 구한다.

- ⑥ 개별수송에 의한 수송비와 공동수송에 의한 수송비를 비교하여 공동수송에 의한 수송비 절감액을 계산한다.

4.2 예제

본 절에서는 앞서 제시한 경험적 배차 알고리즘을 명확하게 보이기 위해 다음과 같은 예제를 사용한다. 차량의 크기는 [11톤, 8톤, 5톤, 2.5톤]의 4개 종류가 가용하며, 차량당 최대 행선지 수는 4로 정하고, 10개 업체로부터 제출된 특정일의 수송 소요는 [0.1~10]구간에서 Uniform 함수로 랜덤하게 생성하였다.

초기화 단계 : 물량과 차량을 크기가 큰 순으로 내림 정렬한다. 즉, {8.5, 7.0, 5.8, 5.0, 4.2, 3.7, 1.9, 1.4, 1.0, 1.0}

배차 단계

Iteration 1.

- ① 11톤 차량에 8.5톤 물량을 적재하고 행선지 수를 1로 한다.
- ② 행선지 수(1)가 최대 행선지 수(4)보다 작으므로 적재율을 계산한다.
- ③ 적재율이 8.5/11 = 0.77 이므로, 다음 크기인 7.0톤 물량을 차량에 적재한다.
- ④ 행선지 수가 2가 되고, 적재율은 (8.5+7.0)/11 = 1.41가 된다. 적재율이 1.1을 초과하므로 7.0톤 물량을 빼고, 행선지 수는 1로 감소시킨다.
- ⑤ 다음 크기의 물량인 5.8톤 물량을 적재하고, 행선지 수를 2로 증가하고, 적재율은 1.3이 된다.
- ⑥ 이 물량도 빼고, 5.0톤 물량을 적재한다. 이런 방식으로 적재율이 0.8~1.1구간에 처음으로 들어오는 물량을 계속 찾아 내려가면, 1.9톤이 적재가능하다. 적재율은 0.95, 행선지 수는 2가 된다.
- ⑦ 따라서 11톤 차량에 8.5톤 물량과 1.9톤 물량을 공동적재하여 수송한다.

Iteration 2

- ①
- ② 11톤 차량에 7.0톤 물량을 적재한다. 행선지 수는 1이 되고, 적재율은 0.64가 된다.
- ③ 적재율이 80%가 안되기 때문에 다음 크기인 5.8톤 물량을 적재한다. 행선지 수는 2가 되고, 적재율은 1.16이 된다.
- ④ 적재율이 1.1을 초과하므로, 방금 적재했던 5.8톤 물량을 제거하고 행선지 수를 다시 1로 감소시킨다.
- ⑤ 다음크기인 5.0톤 물량을 적재하면, 행선지 수는 2가 되고 적재율은 1.09가 된다.
- ⑥ 따라서 11톤 차량에 7.0톤 물량과 5.8톤 물량을 공동적재하여 수송한다.

Iteration 3.

- ① 나머지 물량에 대하여 반복한다.
- ② 11톤 차량을 선택하여 5.8톤 물량을 적재한다. 행선지수는 1이 되고, 적재율은 0.53이된다.
- ③ 다음 크기 물량인 4.2톤 물량을 적재하면 행선지 수는 2가 되고 적재율이 0.91이 된다.
- ④ 다음 물량 3.7톤을 더하면 적재율이 1.1을 초과하므로 11톤 차량에 5.8톤 물량과 4.2톤 물량만

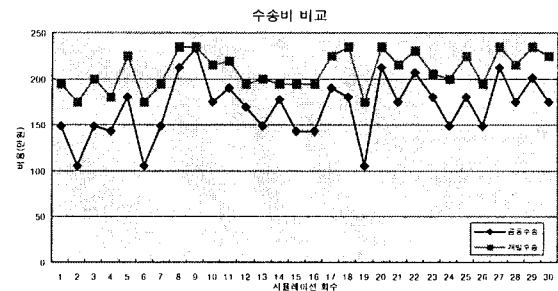
을 공동수송한다.

Iteration 4.

- ① 초기화 단계에서 공동수송 해야 할 물량과 차량을 내림정렬한다.
- ② 11톤 차량에 3.7톤을 적재한다. 행선지 수는 1이 되고, 적재율은 0.34가 된다.
- ③ 다음크기 물량인 1.4톤 물량을 적재한다. 행선지 수는 2가 되고 적재율은 0.43이 된다.
- ④ 최대 행선지 수가 될 때까지 물량을 적재해도 적재율은 0.65가 된다.
- ⑤ 적재율이 0.8을 넘지 못하므로, 보다 작은 차량에 이 물량들을 그대로 실어 본다.
- ⑥ 8톤 차량에 이들을 그대로 실으면 적재율이 0.89이 되고, 5톤 차량에 실으면 1.42, 2.5톤 차량에 실으면 2.84가 되어 적재율이 0.8~1.1 구간 사이인 차량 중 가장 적재율이 높은 차량인 8톤 차량을 선택하여 이들 4개 물량을 공동 적재하여 수송한다.

5. 시뮬레이션 및 결과분석

본 절에서는 상기한 알고리즘의 평균적인 수행도를 평가하기 위하여 [0.1, 10]구간의 Uniform분포에서 10개의 물량데이터를 Random하게 추출하여 30회의 시뮬레이션을 수행하였다. 분석결과는 다음과 같다.



<그림 2> 모의실험 결과

기존의 개별수송시 11톤, 8톤, 5톤 및 2.5톤 차량의 한 대당 사용료는 각각 35만원, 25만원, 20만원, 15만원이고, 공동수송시 행선지수가 기본보다 한군데씩 늘어날 때마다 추가적인 비용은 3만원이다. 이 데이터는 현재 운송업계에서 실제로 사용중인 현실적인 수치이다.

모의실험 결과 그림 2에서 보듯이 30회의 실험 모두가 기존의 개별수송보다 공동수송이 총비용이 절감되었다. 평균적인 총운송비 절감폭은 19.4%로 나타났다.

6. 결론

본 연구는 공단 등과 같이 일정한 지역에 위치한 기업들이 별다른 기업정보 공유 없이 자체적으로 공동수송 할 수 있는 지역간 공동수송모형을 제시하였다. 이 모형을 실행하는데 드는 물류정보 관련 투자비란 공단 규모에 PC 1대와 알고리즘 소프

트웨어, 그리고 공단내 통신망(LAN) 등으로서 추가적인 투자비는 무시할 만하다. 공동수송 성과추정은 협력기업으로 구성된 기업들의 트럭수 절감분이 공동수송에 따른 물류비 절감의 대부분을 차지할 것이기 때문에, 트럭수의 절감분을 바탕으로 공동수송시 성과를 추정하였다. 시뮬레이션 결과 19.4%의 수송비용 절감 효과를 얻음으로써 공동수송 필요성의 이론적 근거의 바탕이 되었다.

이렇게 제시된 공동수송 협력기업 추천모형을 따라 공동수송이 시행된다면 제조기업은 수송비에 있어서 19.4%를 절감할 수 있을 뿐 아니라 국가적으로 지속적으로 증가해온 매출액 대비 평균 물류비도 감소될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 화물차의 적재율 증가를 통한 운송 트럭대수가 줄어들음에 따라 교통량감소, 에너지 절감, 환경오염 감소등의 부수적인 효과도 가져올 수 있을 것이다.

추후 연구과제로는 최대 행선지 수, 추가 행선지당 추가비용 등의 모수를 다양하게 검토하는 것과, 알고리즘을 좀더 개선하는 것, 그리고 부피와 무게를 동시에 고려하여 공동적재하는 알고리즘을 개발하는 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] '공로화물 공동수송체계 구축방안', 임호규·백영락, 1996년 12월, 교통개발연구원
- [2] '공공부분에서의 물류시설 확충방안', 안승범, 1999, Vo.6, No.1, IE 매거진
- [3] '기업의 물류공동화 추진사례', 1998년 5월, 대한상공회의소
- [4] '기업의 물류관리 실태조사', 1999.11, 대한상공회의소
- [5] '일본의 물류공동화 정책과 사례: 공동집배송 시스템을 중심으로', 1994년 7월, 대한상공회의소
- [6] '물류공동화 추진 매뉴얼', 1995년 12월, 대한상공회의소
- [7] '21세기 국가물류정책의 비전과 전략연구', 1999년, 교통개발연구원
- [8] '기업의 물류공동화 실태 및 수요조사', 1998년 5월, 대한상공회의소
- [9] "우리나라 중소수출기업의 물류공동화를 통한 국가 경쟁력 재고방안에 관한 연구", 1998. 12, 임재오, 숭실대학교 대학논문집
- [10] '화주인식요소를 이용한 화물운송시장의 분할' 최창호, 1999년 6월, Vo.7, No.1, 로지스틱연구
- [11] Mathematics and Its Applications(East European Series), System Research Institute, Vol 46, p90-107, 1990
- [12] "Building Successful Logistics Partnerships", Lambert, D.M. and E. Emmelhainz, Journal of Business Logistics, CLM, Vo.20, No1, 1999, pp.165-181.
- [13] "Carrier/Shipper Interactions in the Transportation Market: An Analytic Framework", [Y].Sheffi, Journal of Business Logistics 7, no.1, 1986
- [14] "Freight Consolidation and Warehouse Location Strategies in Physical Distribution System", M.Cooper, Journal of Business

Logistics 4, no2, 1983

- [15] 'Modeling and Evaluating Shipment Consolidation in A Logistics System' Pooley, John, Stenger, Alan J, Journal of Business Logistics, 1992, Vol.13, Issue 2,
- [16] 'Strategies and Plans for the National Logistics Systems of Korea in the 21st Century', 홍성욱·권오경·신동선, 1998년, 교통개발연구원