

# 정시배송체계의 실용적 설계를 위한 방법론†

변 의 석

선문대학교 벤처 및 산업공학과

## A Practical Method for Designing Vehicle Routing with Time Windows in Warehouse

Eui-Seok Byeon

Logistics systems can be evaluated by how productively distribution center operates, how promptly transportation vehicle dispatches, how efficiently facility layout is, and so on. In this paper, a practical vehicle routing scheme with fixed delivery time and fixed vehicle routes is introduced. The method helps the distribution center reduce logistics cost with respect to dispatching vehicles, and satisfy the customer with pre-determined delivery time window constraints. A case study has shown that the proposed scheme not only generates a feasible schedule with time windows, but also balances material flow in warehouse.

### 1. 서론

전자상거래의 활성화로 물류의 역할이 한층 중요시되고 있는 근간의 환경은 물류센터의 효율적 운영이 SCM 구축의 주요 요인으로 작용되고 있다. 기업이 보유하고 있는 종합물류센터(CDC: Central Distribution Center)의 역할은 공장에서 생산된 제품을 적절하게 보관하고, 지역물류센터(RDC: Regional Distribution Center)나 대리점 및 일반 소비자에게 배달하는 데 있다. 일반적으로 수송이라 함은 공장이 관할하는 종합물류센터에서 각 지역에 위치하는 지역물류센터로 이동시키는 것을 말하며, 배송은 지역물류센터에서 관할 대리점으로 배달함을 말한다(Tilanus, 1997).

기존의 물류센터에 관한 연구는 입지결정에 관한 연구(Perl *et al.*, 1985)에서부터 배송계획의 최적화(Fisher *et al.*, 1981; Bodin *et al.*, 1983)에 이르기까지 많은 연구가 진행되고 있으며 산업의 특성에 맞는 연구로 Golden *et al.*(1987)의 음료산업, List *et al.*(1991)의 폐기물 수거 문제 등이 있다. 최적 배송계획에 대한 해법으로 Solomon(1987)과 Koskosidis *et al.*(1990)은 수배송 배차계획을 고객의 서비스 시간대인 time window에 맞추기 위한 모델로 제시하였고, Savelsbergh(1986)의 지역탐색 방법은 새로운 해법에 대한 연구로 주목된다. 또한, 다목적 모형에 관한 연구

는 통학버스의 routing 문제(Bowerman, 1995) 등이 있으며, 최근에는 고객의 서비스 시간대를 고려한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 물류센터의 수송시간과 고객의 대기시간 최적화를 모형화하여 그 해법을 제시한 홍성철·박양병(1998)의 연구가 대표적이다.

이 논문에서는 수학적 알고리즘이 아닌 실용적 개념의 배송 방법을 소개한다. 물류센터의 중요한 역할 중의 하나로 고객이 원하는 시기에 제품을 신속하게 배달하는 즉납체계를 들 수 있다. 이 논문은 즉납체계를 위한 방법의 하나로 정시배송 체계를 설명한다. 즉, 물류센터의 정시배송 체계가 이루어지면 대리점의 불필요한 재고의 비축이나 물류센터내의 하역작업에 대한 낭비와 정체를 줄일 수 있게 된다. 또한 매일 배송계획을 차량단위로 짜야 하는 고충을 줄일 수 있으며 미리 정해 놓은 운행노선과 배송시간표에 맞춰 출고시킴으로써 나머지 시간대에 입고 혹은 창고의 부수 작업을 효율적으로 이끌 수 있다. 물류센터의 정시배송 체계는 대리점에서 주문을 받은 제품에 대하여 약속된 날의 지정된 시간대에 고정된 노선을 통하여 대리점으로 배달함으로써 이루어질 수 있다. 고객의 주문에 대하여 정시납품 체계를 구축함으로써 고객지원 측면으로서는 대리점의 소비자에 대한 판매활동 지원과 대리점에 대한 서비스 향상으로 재고감축을 유도하며, 물류관리 측면으로는 창고현장의 작업 평준화를 유도하여 하역작업과 배송효

† 이 연구는 1999학년도 선문대학교 교내연구비 지원으로 수행되었음.

표 1. 정시배송의 단계와 추진내용

단 계	추진내용
1. 현상분석	대리점위치, 거리, 매출액, 출하량
2. 노선설계	적정노선수(數), 배송순서
3. 배차 shift 설정	Shift별 배차시간표
4. 시험주행	시험주행 노선, 양식작성 및 Data 분석
5. 배송시간 약속	시간약속의 허용범위, 배송시간 설정
6. 확대 및 보완	확대 및 문제점 보완

율의 향상을 도모하고 계획적이고 안정된 공급 및 낭비와 정체를 최소화함으로써 물류비용절감에 기여한다.

## 2. 정시배송

정시배송을 위한 추진순서를 다음과 같이 구분할 수 있으며 단계별 분석내용은 <표 1>과 같다.

### 2.1 현상분석

현상분석은 대리점의 위치, 출하실적 및 특성 등 제반조건을 사전에 충분히 검토하여 정시배송을 위한 고정노선 설계의 기초 데이터를 분석하는 데 목적을 둔다. 분석내용으로는 첫째 대리점의 특성 분석을 들 수 있다. 즉, 대리점 특성을 대리점의 여건(주위환경, 센터에서의 거리)과 실적(월 출하실적 및 빈도)으로 나누어 분석한다. 두 번째로는 물류센터의 배송능력을 분석하는 것으로 그 기준은 현행의 배차기준, 보유 차량수, 차량회전을, 현장의 Dock 수(數) 등이 있다.

### 2.2 노선설계

노선설계의 순서는 다음과 같다. 먼저 물류센터에 필요한 적정 노선수(數)부터 결정한다. 결정된 노선 수와 노선이 되기 위한 조건을 파악한 후, 실제 노선설계에 들어간다. 대리점들로 구성된 노선에 배송순서와 배송시간까지 설정이 되어야 비로소 노선설계가 완성된다.

#### 2.2.1 적정 노선 수의 결정

물류센터에 필요한 노선 수를 결정하는 것은 해당 물류센터에 필요한 최소 차량수와 관계가 있다. 즉, 실적의 데이터로 하루 평균 몇 대의 차량이 필요한가를 권역별로 분석하여 센터의 필요 노선 수를 결정한다. 전체의 노선 수를 실적 데이터로 분석하여 이론치의 노선 수를 구하는 방법은 다음과 같다.

- ① 대리점의 일별 출하용적을 해당 권역에 포함시켜 권역의 일별 출하용적을 구한다.
- ② 위의 값을 배송차량의 표준용적으로 나누어 권역별 소요 차량 수를 계산한다.
- ③ 1년치의 데이터로 권역별 소요 차량 수가 나오면 일별 최빈값(mode)을 구한다. 최빈값을 구하는 이유는 노선 수를 결정하는 데 1년 동안 가장 빈번하게 소요된 차량 수가 단순평균 차량 수보다 더 중요한 정보이기 때문이다.
- ④ 권역별 소요 차량 수가 구해지면, 각 노선에 한 대의 차량을 투입한다는 가정 하에 권역별 노선 수를 결정한다. 단, 다음과 같은 경우에 노선 수를 수정한다.
  - (i) 대형 대리점들을 따로 모아서 노선화시킬 경우,
  - (ii) 권역에 단일 노선이 존재하더라도 추가 차량 및 추가 노선이 필요한 경우 등이다.

예를 들어 권역 1의 소요 차량 수가 7대라고 하자. 대형 대리점이 있어서 용적은 7대분 이지만 노선은 6개로 가능하다면, 대형 대리점이 있는 노선에는 차량을 2대 배차시키고 필요 노선을 6개로 한다.

상기의 절차에서 나온 노선 수는 다음의 노선 구성조건에 의해 검증되며, 다음에 나올 배차 shift 수(數)의 결정에 영향을 미친다. 노선의 숫자가 이론적으로 계산되면 실제의 데이터로써 검증 및 노선설계에 들어간다. 먼저 노선 구성을 위한 필요 조건을 정해놓고, 노선 가설정에 들어가야 한다. 노선설계의 조건을 정리하면 다음과 같다.

조건 1. 한 개의 노선은 일 평균 출하용적의 합이 차량 1대 이상이 되도록 구성한다.

조건 2. 권역이 다른 대리점은 같은 노선으로 묶을 수 없다.

#### 2.2.2 노선설계

노선 수와 노선 구성조건이 정리되면 실제 노선설계 작업을 한다. 현행 순회배송 노선을 초안으로 사용할 수 있으므로, 센터의 배송담당자와 운전기사를 배석시켜 물량 및 대리점 현황에 맞게 설계해 나간다. 먼저 대리점, 노선 및 권역의 구성을 이해시키고 배차 shift와의 관계를 설명한다. <그림 1>의 구성도를 보면서 노선과 권역을 이해한다. 즉, 대리점의 집합이 노선을 이루며, 다수의 노선이 권역을 형성하여 물류센터의 배차 shift 설정의 기본이 된다. 노선설계시 고려할 사항으로는 노선의 소요시간, 주행거리, 구성대리점 수(數) 등이 있다. 그러

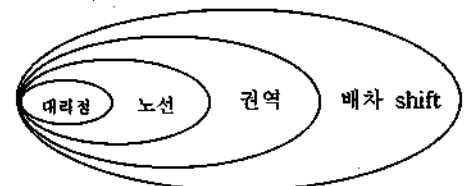


그림 1. 노선과 권역의 구성도

나 이들에 관한 기준은 처음부터 마련하기 어려우므로, 뒤에 설명할 대리점 현황표를 작성하여 향후 기준의 근거로 삼는다. 예를 들면 소요시간 평균 3시간, 주행거리 25~40km, 대리점 수 10개와 같은 설정은 시내와 외곽지역에서 다를 수 있으므로 서로 다른 기준을 두어야 한다.

2.2.3 배송순서 결정

노선구성 조건에 맞는 대리점들이 선정되면, 그 노선의 실제 배송순서를 결정해야 한다. 대리점들의 위치 및 하차, 주차 조건을 가장 잘 아는 운전기사의 도움을 받아 정하고 그 순서대로 주행한 후에 최종 결정한다. 배송순서가 결정되면 당일 물량이 없어도 정해진 순서대로 배달하는 것을 원칙으로 하되, 대리점 약속시간을 위배하지 않는 범위에서 운전기사의 재량에 맡긴다.

2.2.4 배송시간 설정

노선의 대리점별 배송순서가 결정되면 배차시간에 맞추어 차량출발시간을 설정한다. 정확한 정보는 노선별 배차 shift와 시험주행이 끝난 후에 대리점의 요망 등을 감안하여 결정한다. 대리점과의 배달약속시간(time window) 설정은 대리점으로부터 배송상의 신뢰를 얻음과 동시에 하역작업이나 배차를 계획적으로 효율있게 행하기 위해서도 아주 중요하다.

2.3 배차 shift 설정

노선이 가설정되면 다음 단계로 배차 shift에 대한 분석 및 결정을 한다. 내용으로는 배차 shift를 결정하는 것과 차량별 출발시간을 설정하여 정시배송을 위한 배차시간표를 완성하는 것이다. 배차 shift는 동일 시간대에 배송이 가능한 노선들로 구성되며 주로 동일한 권역내의 노선들로 이루어진다. 해당 노선에 대해서는 동일한 시간대에 차량이 출발하여 배송을 마친 후 센터로 돌아오게 된다. 배차 shift를 권역별로 묶을 때 가장 이상적인 것은 각 shift별 출하물량이 같은 비율로 배분되는 경우이다. 즉, 100이라는 물량을 4개의 shift로 나누어 배송한다면 각 shift에 25씩 배분되어 있을 때 차량 및 창고내의 제반작업이 평균화되기 때문이다.

2.3.1 배차 shift 수의 결정

먼저 배차 shift 수를 결정하기 위해 일 평균 소요 차량 수와 센터가 보유하고 있는 차량 수를 고려하여 차량 당 평균 회전수를 계산한다. 배차 shift 수는 물류센터가 보유하고 있는 차량의 평균 회전율과 관계가 있다. 예를 들어 4개의 배차 shift를 설정하면 차량 한 대 당 4회전의 배송능력이 요구되는 것이다. 이론치의 배차 shift 수는 다음과 같이 구한다.

① (일평균 출하용적/표준용적)을 구한다. 예를들어, 일평균 출하용적이 402.88m<sup>3</sup>이면 2.5톤 차량의 표준용적인

12.1949m<sup>3</sup>를 기준으로 하루 소요 차량 수가(402.88/12.1949)인 33.04대를 구할 수 있다. 즉, 하루 평균 34대의 차량이 소요될 것으로 예상된다.

② (①/보유차량수)로 차량 당 평균회전수를 구한다. 만약 10대의 차량을 보유하고 있는 물류센터라면 차량 당 평균 회전수는 (34/10)인 3.4회전이 된다.

③ 배차 shift 수의 이론치는 ②보다 큰 정수 값으로 설정한다. 3.4의 큰 정수 값은 4이지만 실제로 출하용적의 추이가 성수기와 비수기에 현저한 차이가 있으므로 배차 shift 수는 이론치를 갖고 Simulation하여 결정한다. 또한 성수기와 비수기의 배차 shift 수를 따로 운영할 지침도 만든다.

2.3.2 배차시간대 결정

배차 shift 수를 결정하고 shift의 노선 구성을 완성하면, 다음으로 각 shift의 배차시간을 결정한다. 배차시간은 shift별로 근거리(예를 들어 3시간 이내) 또는 원거리(예를 들어 3시간 이상)의 출발시간을 결정하는 것이다. 권역의 특성에 따라 오전, 오후 등의 시간대를 분석하여 적절한 시간대로 권역을 할당한다. Shift별 배차시간 결정에는 다음과 같은 원칙을 둔다.

- 원칙 1. 각 권역의 노선별 출발시간은 동일하다.
- 원칙 2. 첫 배차 shift의 출발시각은 작업개시시간으로, 마지막 shift의 출발시각은 17:00 이내로 한다.
- 원칙 3. 각 배차시간대의 출하물량을 고려하여 창고내 작업과 차량운행을 평균화시킨다.

2.3.3 노선의 연결

기본적으로 shift A의 배송이 끝나면 해당차량이 센터로 돌아와서 상차 후 shift B의 지정된 연결노선을 배송한다. 따라서 노선간의 연결도 결정해야 하는데, 이때 고려해야 할 사항은 각 노선의 평균거리, 대리점 경우 수, 소요시간 등이다. 같은 shift 내에서도 노선별 출하물량의 평균값은 약간씩 다르므로, 다음 shift의 연결노선 결정 시에 출하물량을 고려한다. 즉, shift A에서 물량이 상대적으로 많아 늦게 돌아올 노선은 shift B에서는 상대적으로 물량이 적은 노선으로 연결시킨다.

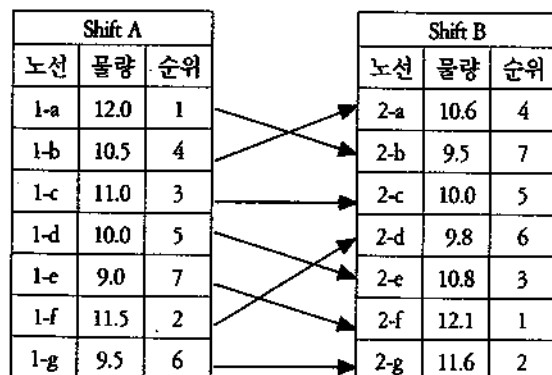


그림 2. Shift간 노선연결.

표 2. 차량의 노선운행 순서

Shift	A	B	C	D	차량운행 순서
차량 1	1-a	2-b	3-c	4-d	1a→2b→3c→4d
차량 2	1-b	2-a	3-a	4-a	1b→2a→3a→4a
차량 3	1-c	2-c	3-b	4-b	1c→2c→3b→4b
차량 4	1-d	2-e	3-e	4-e	1d→2e→3e→4e
차량 5	1-e	2-f	3-g	4-g	1e→2f→3g→4g
차량 6	1-f	2-d	3-d	4-c	1f→2d→3d→4c
차량 7	1-g	2-g	3-f	4-f	1g→2g→3f→4f

Shift가 정해지면 오전과 오후로 나누고 차량 회전을 고려하여 원거리 shift는 오후에 배차한다. 첫 배차 shift는 센터에서 비교적 약간 거리가 떨어진 근거리 shift를 선택하는 것이 좋다. 왜냐하면 대리점 개점시간(평균 오전 9:30)과 물류센터의 근무시간을 생각하면 첫 시간대에서는 약 1시간의 주행거리가 필요한 shift가 적절하기 때문이다. 상대적으로 물량이 많은 노선(1-a)가 물량이 적은 노선(1-b)보다 배송시간이 길기 때문에 다음 배차 shift에서 노선(1-a)는 배송시간이 짧은 노선(2-b)와 연결이 된다. 같은 방법으로 모든 배차 shift에 대한 연결 노선이 결정되면 <표 2>와 같은 형태가 된다. 차량 1의 운행은 노선 1-a, 2-b, 3-c, 4-d 순으로 배송하고 차량지정은 하지 않는다. 즉, 물류센터의 서울12가 3456이라는 차량이 배차시간표의 차량 1을 담당할지 차량 2를 담당할지는 운송업체의 배차 담당자가 매일매일 알아서 한다. 참고로, 일본 T사의 경우는 한 차량이 계속 동일 노선을 배송하면서 운전기사의 책임감, 대리점에 대한 친근감 등을 높이고 있다고 한다.

2.4 시험주행

시험주행이란, 노선이 가(假) 설정된 후 배송순서와 배차시간표에 맞추어 시험적으로 주행하는 것을 말한다. 모든 노선에 대하여 시험주행을 하며 각 노선에 문제점이 없으면 비로소 노선을 확정시킨다. 시험주행의 목적은, 가설정된 노선과 배차표가 이론적으로 검증이 끝나면 실제로 주행을 해보면서 예상 밖의 문제점 및 개선점을 보완한 후 노선을 확정시키는 데 있다. 시범노선의 선정부터 운행, 개선까지의 시험주행의 절차를 크게 3단계로 나누어 볼 수 있다.

전(全) 노선을 동시에 시험주행할 수는 없으므로 몇 개의 노선을 선정하여 어떤 방식으로 동승하여 조사할 것인지 정하는 것을 준비단계라 한다. 실제로 시험주행할 때의 조사내용 등을 정하는 것이 시험주행단계이며, 시험주행 후 집계한 데이터를 검증하여 노선을 확정시키는 것을 확정단계라 한다.

2.4.1 준비

시험주행의 목적이 설정된 노선의 타당성 및 실현성을 직접 검증하는 데 있으므로 시범노선의 선정과 관련사항에 대하여

다음과 같은 준비가 필요하다. 노선의 적정성은 모든 노선에 공통으로 해당되나, 먼저 몇 개의 노선을 선정하여 정시배송이 가능한지를 검증한다. 가능하면 시간대 shift별로 하나씩 선정하여 동일 차량으로 시험주행하는 것이 좋다. 노선 중에서 출하용적의 변동폭이 적고, 한대의 차량으로 배송 가능하며 적재율이 높은 노선을 선정한다. 시험주행을 하기 위한 준비사항을 열거하면 다음과 같다.

- ① 시험주행할 노선에 대하여 현행 배송계획에 의한 대리점 물량을 파악한다. 즉, 시범노선의 대리점에 관한 주문을 먼저 할당해 놓고 출하용적을 파악한다.
- ② 정시배송을 위한 현장에서의 준비는 사전 picking이라고 할 수 있으며, 정시출발을 위한 상차를 완료한다. 시범노선으로 나갈 물량은 동일한(지정된) Dock장에 picking해 두는 것이 현장에서 대응하는 데 편할 것이다.
- ③ 정시배송을 위한 차량을 확보한다. 시범노선과 현행 배송계획과의 혼란을 최소화하기 위해 미리 차량을 배차해 놓고 동일차량이 시범노선을 차레대로 배송하도록 한다. 가능하면 동일 차량으로 모든 시범노선을 운행하도록 하여 매일매일 배차하는 어려움이 없도록 한다.
- ④ 배차시간표도 준비가 되어야 한다. 3개의 시범노선이 있다면 첫 번째 노선을 시험주행한 후, 물류센터로 돌아와서 두 번째 노선을 위한 상차를 하여 출발한다. 다시 두 번째 노선을 시험주행 후, 세 번째 노선을 배차시간표에 따라 지정된 시간에 출발할 준비를 완료한다.
- ⑤ 대리점 주변을 파악하기 위한 지역지도와 시간측정을 위한 시계 및 현황표 작성을 위한 카메라도 준비한다.

2.4.2 시험주행

시험주행을 위한 준비가 끝나면 다음은 시험주행하는 방법과 필요한 양식 등을 결정한다. 시험주행은 가능하면 노선설계자가 직접 트럭에 동승해야 데이터의 정확도를 높일 수 있다. 최소한 한달치의 데이터를 조사하되, 동승이 힘든 날은 운전기사에게 양식을 설명하여 간접적으로 얻는다. 분석양식으로서 정시배송 운행일지를 만들어 시간과 거리 등의 데이터를 기록한다. 기록은 차량이 센터에 처음 들어오는 입문시간에서부터 상차를 위한 대기시간, 실제 상차시간 및 출발시간 등을 분리하여 기재한다. 출발후의 시간측정은 다음과 같이 한다.

- ◇ 주행시간 : 센터에서 최초 대리점까지의 주행시간 또는 최종 대리점에서 센터까지의 주행시간을 말하며, 도로 정체상황을 확인하는 데 유용하다.
- ◇ 배달시간 : 해당 노선의 대리점 실제 배달시간으로 대리점 분포상황, 도로폭, 하차조건, 하차시간 등을 확인하여 배달시간내의 배달 가능 대리점수의 최대치를 파악하는데 활용된다.
- ◇ 휴식시간 : 운전사의 점심식사, 휴식시간 등으로 안전주

행을 위해서는 충분한 배려가 필요하다.

거리는 시간기록과 유사한 방법으로 하되, 차량의 계기판을 보면서 출발과 도착을 명확히 기록한다. 또한 시험주행을 하면서 주행거리, 시간외에도 대리점의 위치 및 주변상황을 도식화 해두면 노선을 검증할 때 유용하므로 대리점 현황표를 작성한다. 현황표 작성에 앞서 필요한 데이터는 다음과 같다.

- (i) 대리점의 소재지(주소)와 출고물량(최대값, 최소값, 평균값, 최빈값 등)
- (ii) 대리점 분포상황(도로 지도상에 기재)
- (iii) 일 평균 배송 대리점수와 대리점별 배송빈도(매일, 격일 등)
- (iv) 현재의 배송노선과 노선별 해당 대리점명

필요한 자료는 시험주행할 때 기록해 두고 현황표 작성은 시험주행을 마친 후 사진과 함께 완성시켜, 대리점을 전혀 모르는 운전기사도 현황표를 보면 배송이 가능하도록 한다. 일반적인 대리점 현황표의 구성은 다음과 같다.

- ① 대리점 개요 : 권역, 노선 및 대리점의 이름을 기재하고 분석된 데이터에 의한 매출액과 거리, 소요시간의 실측치를 적는다. 운전기사의 주의를 요하는 사항들이 있으면 기록하고, 대리점의 주차조건이나 하차조건도 명시한다.
- ② 주변 약도 : 대리점을 처음 찾아가는 운전기사가 정확히 배달할 수 있도록 주변의 약도를 손으로 그려 놓는다. 배송차량의 주차위치도 표시하여 둔다.
- ③ 주변 사진 : 한두번 정도 시험주행에 동행하면서 대리점 주변의 주차공간을 위시하여 도로쪽 등을 사진 촬영하여 현황표에 첨부한다.

### 2.4.3 확정

시험주행 데이터의 분석결과, 예상치보다 현저한 차이는 나는 노선은 수정할 필요가 있다. 예를 들어 노선의 일출하용적이 50% 미만인 일수(日數)가 한 달에 반 이상이면, 노선 구성조건에 위배되므로 다른 노선에 포함시킨다. 대리점의 주문이 전반적으로 평준화되어 있지 않아서 월별 추이가 성수기와 비수기에 따라 다르므로 노선의 수정 시에는 이를 충분히 감안한다. 수정된 노선은 반드시 운전기사나 그 지역을 잘 아는 사람의 의견을 듣고 검증하여야 한다. 또한 배송노선에 대해서는 대리점별 판매량이나 도로상황의 변화 등을 고려하여, 정기적으로 동승 조사를 실시하든지 운전기사로부터 상황을 청취하여 계속 수정해 나가는 것이 필요하다.

시험주행이 끝나고 필요한 노선 수정의 검증을 마치면 비로소 해당 노선이 확정된다. 수정된 노선의 대리점별 배송순서에 대해서는 지도상으로도 대략 파악할 수 있지만, 도로조건이나 대리점의 위치 등과의 관계도 있으므로 최종적으로는 시

험주행을 다시 한 후에 운전기사나 해당지역을 잘 아는 사람의 의견을 수렴하여 결정한다. 가설정 노선의 시험주행 분석을 최소한 1개월 정도 조사하여 노선확정에 들어간다. 이때 배송노선별 대리점의 분포상황, 판매규모(출고물량), 배송빈도 등을 정확하게 정리해 두고 그 내용과 앞의 조사결과에 기초해서 차량별 배송노선을 확정한다.

## 2.5 배송시간 약속

정시배송은 고객에 대한 서비스 수준을 향상시키는 데 큰 목적이 있으며, 대리점과의 약속된 배달시간에 얼마나 정확하게 맞추는가는 정시배송 평가의 척도로서 매우 중요하다. 대리점별로 설정하는 제품의 배달 약속시간은 대리점별 판매규모(매출액)와 물류센터에서 대리점까지의 거리(배송차량의 운행조건), 하역작업의 평준화 그리고 대리점으로부터의 요망 등을 감안하여 정한다. 일단 대리점과의 배달시간 약속이 설정되면 대리점에 지정 약속시간을 통보한다.

## 2.6 확대 및 보완

모든 노선들을 동시에 검증하긴 힘들므로, 몇 개의 노선을 선정하여 시험주행을 하되, 정시배송의 확립을 위해서는 전(全) 노선에 대해서 시험주행을 해야 한다. 모든 노선에 대하여 시험주행을 하고, 수정을 반복하여 실현성이 체크되면 정시배송의 체계는 어느 정도 갖추어지게 된다. 정시배송의 모든 노선운영은 물류센터 현장의 상당한 부분에 변화를 가져오게 될 것이다. 예를 들면, 출고나 입고시간에 몰리던 작업부하가 균등하게 분배되고, 자가배송이 필요 없게 될 것이다. 정시배송의 효율적인 운영을 위해서 표준시간에서의 기본 데이터를 수집, 조사할 필요가 있다. 예를 들면, 노선 설정의 정확도를 위해서 노선 당 총소요시간 중에서 상차전 대기시간, 상차시간, 주행시간, 하차시간 등의 세부시간 단위로 측정, 표준화한다. 정시배송의 완전한 정착을 위하여 시험주행이 끝나더라도 일정한 양식에 계속 기록하여 기초 데이터를 수집해둔다.

정시배송 체계를 확대하기 위해서는 체반 데이터를 분석하고 노선과 체계에 대한 평가를 할 필요가 있다.

◇ 노선 평가 : 일정기간 동안에 시험주행을 하면서 얻은 조사집계표를 이용하여 노선의 평균적체율의 추이, 소요시간 등을 평가한다. 타노선과 비교하여 필요하면 노선 수정을 고려한다.

◇ 체계 평가 : 정시배송 체계의 평가는 주기적으로 고객 측면과 물류 부서 내부의 효과 등으로 분석한다. 예를 들면, 고객측면에서는 대리점과의 배송 약속시간과 실제 배송 시간과의 차이를 취합하여 1시간 이상 차이에 대한 발생 원인 및 빈도분석을 한다. 물류내부에서는 정시배송으로 인한 창고현장에서의 작업평준화 수준 등을 평가한다.

3. 적용사례

여기서는 12개의 권역에 208개의 대리점이 있는 지방물류센터의 사례를 소개한다. 권역별 일 평균 매출액과 용적은 <표 3>과 같다. 데이터의 수집 기간은 1년이며, 대리점 수는 대리점별 주소보다 제품 배달착지를 모두 확인 후에 집계하였다. 매출액의 단위는 1,000원이며 용적의 단위는 m<sup>3</sup>이다. 각 권역을 분석하여 결정된 노선 수는 <표 4>와 같다.

다음으로 지방물류센터의 배차 shift 수를 결정한다. 일 평균 출하용적의 합이 402.88 m<sup>3</sup>이며 2.5톤 차량으로 배송할 수 있는 차량수를 구하기 위해 402.88 m<sup>3</sup>를 표준용적으로 나눈다. 일 평균 소요 차량 수 = 402.88/12.1949 = 33.04, 즉 하루 평균 34대의 차량이 소요될 것으로 예상된다. 물류센터의 현재 보유 차량수는 2.5톤 10대이므로 차량 한대당 필요한 회전수는 다음과 같다. 평균 차량 회전 수 = 34/10 = 3.4, 즉 차량 한대당 3.4 회전을 요구하므로 하루에 배차해야될 시기를 3회 또는 4회로 가정한다. 따라서, 배차 shift 수의 이론치를 4로 하고 동시에 3배차도 고려하여 simulation 해본다. 예를 들면 물량이 많은 성수기에는 4배차를, 비수기에는 3배차를 적용하기 위한 배차시간표를 작성한다.

균등한 분배는 아니지만 권역 1과 7을 shift A로, 권역 2와 3을 shift B로, 나머지 권역을 shift C로 설정하면 <표 4>와 같은 shift 별 용적 비율을 얻는다. 배차시간은 첫 shift를 08:30으로 맞추어 연결 shift들의 시간을 고려하는데 shift B는 11:30에, shift C는 15:00에 출발하는 것으로 정했다. 노선연결 방법을 적용하여

표 3. 권역별 현황표 (단위: 천원, m<sup>3</sup>)

권역	대리점수	일평균 매출액	매출액 비율	일평균 용적	용적 비율	일평균 용적
1	28	47,543	10.95	1,066	10.58	42.64
2	25	51,598	11.88	945	9.38	37.80
3	28	91,950	21.17	1,990	19.76	79.60
4	19	47,265	10.88	1,112	11.04	44.48
5	5	7,812	1.80	262	2.60	10.48
6	8	9,251	2.13	273	2.71	10.92
7	53	116,697	26.87	2,526	25.08	101.04
8	8	10,051	2.31	393	3.90	15.72
9	7	10,013	2.31	276	2.74	11.04
10	10	18,296	4.21	604	6.00	24.16
11	8	10,942	2.52	273	2.71	10.92
12	9	12,872	2.96	352	3.49	14.08
계	208	434,290	100.00	10,072	100.0	402.88

표 4. Shift별 용적비율

Shift	A	B	C
용적비율(%)	35.66	29.14	35.20
노선 수	9	7	10

<표 5>와 같은 3배차 시간표를 완성하였다.

다음은 물류센터의 배차 shift 수를 4개로 묶어 배차 시간표를 작성해 보았다. 먼저, 12개 권역의 물량을 각 shift에 25%씩 할당되도록 권역을 묶어 shift를 설정하였다. 배차시간은 shift A를 08:30, shift B는 11:30, shift C는 14:00 그리고 shift D는 16:30으로 설정하였다. <표 6>과 <표 7>은 각각 물량이 많은 때를 고려한 4배차 노선 수와 시간표를 계산한 것이다.

표 5. 3배차 시간표

Shift		A	B	C	
권역		7, 1	2, 3	4,5,6,8,9,10,11,12	
배차시간		08:30	11:30	15:00	
노선 및 차량	차량 1	2.5톤T	7-1	(대기)	4-2
	차량 2	"	7-2	3-1	4-1
	차량 3	"	7-3	(대기)	4-3
	차량 4	"	7-4	2-1	9-1
	차량 5	"	7-5	(대기)	10-1
	차량 6	"	7-6	2-3	11-1
	차량 7	"	1-1	3-2	12-1
	차량 8	"	1-2	3-4	6-1
	차량 9	"	1-3	(대기)	8-1
	차량 10	"	(대기)	3-3	5-1
순회차량		1.0톤		2-2	

표 6. 4배차의 Shift별 현황

Shift	A	B	C	D
용적비율(%)	25.08	19.96	30.80	24.12
노선 수	6	6	7	7

표 7. 4배차 시간표

Shift		A	B	C	D	
권역		7	1, 2	3, 4	5,6,8,9,10,11,12	
배차시간		08:30	11:30	14:00	16:30	
노선 및 차량	차량 1	2.5톤T	7-1	(대기)	4-2	5-1
	차량 2	"	7-2	(대기)	3-3①	6-1
	차량 3	"	7-3	(대기)	3-3②	11-1
	차량 4	"	7-4	1-2	4-3	(대기)
	차량 5	"	7-5①	2-1①	4-1	9-1
	차량 6	"	7-5②	1-3②	3-4①	10-1②
	차량 7	"	7-6	2-1②	3-2	(대기)
	차량 8	"	(대기)	2-3	3-1②	8-1
	차량 9	"	(대기)	1-1	3-1①	12-1
	차량 10	"	(대기)	1-3①	3-4②	10-1①
순회차량		1.0톤		2-2		

주: 7-5①, 7-5②는 대형대리점인 경우로 트럭 1대분 이상의 물량을 동일노선에 ①, ②로 구분하여 배차함을 말함.

## 4. 결 론

본 연구에서는 물류센터의 새로운 방식으로 정시배송 체계를 소개하였다. 앞으로의 전반적인 산업추세는 소비자의 구매욕 구로 보아 지금과 같이 제품이 없어서 못 파는 시대는 지나갈 것이다. 따라서, 대리점에 무작정 쌓아두고 판매하는 비효율적인 방식을 떠나 소비자가 주문 후 수시간내에 배달시켜 주는 물류의 신속성이 필요할 때이다(구보, 1992). 이를 위하여 물류센터가 관할 대리점에 해줄 수 있는 일의 하나로 항상 정해진 시간에 제품을 배송하는 체계를 들 수 있다. 또한 정시배송의 파급효과는 대리점에 대한 서비스 수준 향상뿐만 아니라, 물류현장에 큰 변화를 가져온다. 즉, 정시배송의 실시는 물류현장에서의 작업평준화 및 표준화의 구현으로 이어질 것이다. 예를 들면, 출고작업을 규칙대로 행하기 위해서는 입고작업과의 중복이나 작업성을 고려한 창고내 layout 개선 또는 물량에 적합한 계획적 작업 등의 실현 없이는 성립하지 못한다. 정시배송을 실현하기 위해서는 전술한 대로 대리점에 대하여 약속한 시간대에 매일·반드시 배송차량이 도착해야만 한다. 이를 위해서는 차량별·노선별로 수주마감에서부터 배송계획, 배차, 피킹, 상차, 배송, 화차까지에 대해서 준비작업·창고내 작업과의 연계가 필요하다. 따라서 정시배송의 실현은 창고개선 및 작업개선의 여러 활동과 연계해서 추진하지 않으면 안 된다. 나아가, 정시배송에서 많은 비중을 차지하는 운송사에 대해서도 그 취지를 이해시켜 일정한 서비스 수준을 유지하게끔 해야 한다.

## 참고문헌

- 구보 키미오(1992), Implementation of Strategic Logistic Planning and Vehicle Routing Problems, *물류최적화포럼*, 와세다 대학.
- 홍성철, 박양명 (1998), 서비스 시간대 제약이 존재하는 2기준 차량경로 문제 해법에 관한 연구, *산업공 학IE Interfaces*, 11(1), 183-190.
- Bodin, L., Golden, B., Assad, A. and Ball, M.(1983), Routing and Scheduling of Vehicles and Crews: The State of the Art, *Computer and Operations Research*, 10, 63-211.
- Bowerman, R., Hall, B. and Calamai, P.(1995), A Multi-Objective Optimization Approach to Urban School Bus Routing: Formulation and Solution Method, *Transportation Research A*, 29A(2), 107-123.
- Fisher, M. and Jaikumar, R.(1981), A Generalized Assignment Heuristic for Vehicle Routing, *Networks*, 11, 109-124.
- Golden, B. and Wasil, E. (1987), Computerized Vehicle Routing in the Soft Drink Industry, *Operations Research*, 35, 6-17.
- Koskosisid, Y. and Powell, W.(1990), Application of Optimization Based Models on Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints, *Journal of Business Logistics*, 11, 101-128.
- List, G. and Mirchandani, P. (1991), An Integrated Network/Planar Multi-objective Model for Routing and Siting for Hazardous Materials and Wastes, *Transportation Science*, 25(2), 146-156.
- Perl, J. and Daskin, M. (1985), A Warehouse Location Routing Problem, *Transportation Research*, 19B, 381-396.
- Savelsbergh, M. (1986), Local Search in Routing Problems with Time Windows, *Annals of Operations Research*, 4, 285-305.
- Solomon, M.(1987), Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Window Constraints, *Operations Research*, 35, 254-265.
- Tilanus, B.(1997), *Information Systems in Logistics and Transportation*, Pergamon.



## 변 의 석

한양대학교 산업공학과 학사

University of Pennsylvania 시스템공학 석사

Lehigh University 산업공학과 박사

현재: 선문대학교 벤처 및 산업공학과 조교수

관심분야: 물류정보시스템, CALS/EC