

시뮬레이션을 이용한 물류 배송계획 시스템 개발에 관한 연구

양병희* · 이영해*

Design of the Simulation-Based Vehicle Distribution Planning System for Logistics

Byung-Hee Yang, Young-Hae Lee

〈Abstract〉

Many vehicle routing methods have been suggested, which minimize the routing distances of vehicles to reduce the total transportation cost. But the more considerations the method takes, the higher complexities are involved in a large number of practical situations.

The purpose of this paper is to develop a vehicle distribution planning system using heuristic algorithms and simulation techniques for home electronics companies. The vehicle distribution planning system developed by this study involves such complicated and stochastic conditions as one depot, multiple nodes(demand points), multiple vehicle types, multiple order items, and other many restrictions for operating vehicles.

The proposed system is compared with the nearest neighbor method of the current system in terms of total logistics cost and driving time. This heuristics algorithm and simulation based distribution planning system is efficient in computational complexity, and give improved solutions with respect to the cost as well as the time. This method constructs a route with a minimum number of vehicles for a given demand.

1. 서론

1993년도 대한민국 업체의 총 물류비는 28조원에 달했으며 이는 GNP의 약 14%를 차지하는 어마어마한 비용이다. 이제 물류문제는 예전의 창고지기 개념에서 새로운 경영의 핵심 전략부분으로서 그 관심이 커지고 있다. 특히 전체 물류비용중에서 수/배송이 차지하는 비율이 44.5%이다. 따라서 앞으로 각 기업에서는 현재의 고객서비스 수준을 향상시키고 타기업과

의 판매경쟁에서 우위를 계속 유지하기 위하여, 고객의 주문을 적시로 관리하면서 비용과 시간을 최소화하는 수/배송 시스템이 요구되고 있다[1].

지금까지 소개된 많은 차량문제 기법중 어느 하나도 이론적인 측면과 실용적인 측면의 모두를 만족하는 기법은 찾기 힘들다. 이는 각각 배송특성에 따라 추가적인 제약조건을 다루기가 곤란하기 때문이며, 기존의 범용성 배송 소프트웨어도 각 회사나 단체의 시스템 특성이 다르므로 이를 사용하는데는 많은 실제

* 한양대학교 산업공학과

적인 문제가 뒤따른다.

본 연구의 목적은 비용과 시간이 이원화되어 있는 다양하고 복잡한 가전제품을 물류센터로부터 각각의 수요처에 대하여 제품의 단위성을 파괴하지 않고, 시뮬레이션을 이용하여 보다 짧은 시간에 보다 빨리 배송하는 시스템을 개발하는데 있다. 시뮬레이션을 이용하는 가장 큰 이유는 배송 시스템에서의 국지적인 변화에 대한 시스템 전체의 영향에 대해 관리자가 쉽게 이해할 수 있기 때문에 결과를 미리 예측하여 대비할 수 있다는 점이다. 또한, 일단 시뮬레이션 모델이 만들어지면 여러가지 대안을 쉽게 시행해 볼 수 있으며, 수리적인 방법보다 더 현실에 가깝게 시스템을 묘사할 수 있는 것도 시뮬레이션의 중요한 잇점이다. 따라서 시뮬레이션을 이용한 배송계획 시스템이 차량경로 결정을 위한 기존의 대표적 기법이라 할 수 있는 최근인접점 방법보다도 더 효율적이라 판단된다.

본 연구는 2장에서 기존의 차량배송 계획문제에 대하여 고찰하고, 3장에서 시뮬레이션을 이용한 배송계획 시스템을 제시하며, 4장에서 실험 및 평가를 한 뒤, 5장에서 결론을 내리는 순서로 구성한다.

2. 차량배송 계획문제

차량배송 계획문제(Vehicle Distribution Planning Problem)란 차량을 이용하여 고객에 대한 서비스를 수행하기 위하여 차량경로(vehicle route)와 방문시각 및 순서(vehicle schedule)를 정하는 제반문제이다.

이러한 차량 배송 문제는 크게 차량 경로문제(Vehicle Routing Problem : VRP)와 차량 일정문제(Vehicle Scheduling Problem : VSP)로 나누어 볼 수 있다[2]. 차량 경로문제는 수요지점에 대한 방문시간 제약이나 방문순서의 선행관계(Precedence Relation) 제약이 없는 경우의 배송문제로서 외판원 문제(TSP) 및 복수 외판원 문제(MTSP), 차량 경로문제(VRP) 및 복수차고 차량 경로문제(MDVRP)등이 있다. 차량 일정문제는 수요지점에 대한 방문시각이 미리 확정적으로 주어질 때의 배송문제로서 최대 운행시간 제약 및 거리 제약 문제, 복수차고 복수차종 일정문제 등이 있다. 또한 통학버스 문제나 비행기 운항계획 문

제 등과 같이 차량 경로 및 일정 문제(VRSP)도 많은 연구 대상이 되고 있다. 본 연구는 최적 배송경로에 따라 일정한 시간안에 주문량을 배송하는 문제를 다루므로 근본적으로 차량 경로문제의 확장이라 할 수 있다.

차량경로 문제란 적재량과 경유거리의 제약을 가진 차량들이 하나의 기점에서 출발하여 많은 수요처에 물량을 공급하는 문제이다[6]. 차량경로를 결정하는 기법들은 크게 최적해를 찾는 기법과 발견적 기법(heuristic method)으로 분류될 수 있다. 최적해를 찾기 위한 기법으로는 Bellmore-Malone과 Christofides-Pierce 등에 의해 소개된 Branch & Bound 기법과 Balinski & Quandt 그리고 Foster & Ryan에 의해 제안된 0-1 정수계획법을 들 수 있다[7]. 이러한 방법은 개념적이며 단순하여 이해하기 좋고 프로그래밍하기가 편리한 반면에, 복잡한 시스템의 실무적용이 곤란하고, 다양한 제약식의 적용이 미흡하므로 극히 작은 규모의 VRP에 대해서만 적용할 수 있다.

이러한 계산상의 어려움을 극복하기 위해 짧은 시간에 간단히 최적해에 근사한 해를 구할 수 있는 발견적 기법들이 활발히 연구되었다. Dantzig & Ramser [6]에 의해 처음으로 발견적 기법이 소개된 이후, Clarke & Wright의 "Savings", Gillet & Miller의 "Sweep", Williams의 "proximity priority search", 그리고 Fisher et al.의 "interactive computerized vehicle routing" 기법들이 소개되었다[7].

대부분의 발견적 기법들은 경로구성절차(route construction procedures)와 경로개선절차(route improvement procedures)의 두가지 과정을 반복하며 해를 구하고 있다. 경로구성방법은 임의노드 선정시 각 단계마다 정해진 방법에 의해 최소비용의 거래처를 현재 경로에 삽입하여 차량경로를 구성해나가는 방법이며, 경로개선방법은 근사적 해를 빠른 시간내에 얻은 후 k-optimal 방법 등을 이용하여 이를 개선해나가는 방법을 사용하고 있다[7][9]. 또한 최근에는 기존의 배송차량 문제에 혼합형 유전해법(genetic algorithm)을 접합시켜 배송경로 비용과 소요차량 대수를 절감시킴으로써 많은 관심을 끌고 있다[4].

그러나 지금까지 소개된 많은 발견적 기법중 어느

하나도 모든 VRP 상황에서 다른 기법들에 비교하여 그 수행도가 절대적으로 뛰어나지 않다는 것은 매우 중요한 사실이다. 새로운 발견적 기법이 소개될 때마다 선택된 기존의 기법들과의 수행도 평가를 통하여 그 기법의 우수성을 증명하고 있으나, 이것은 실험을 위해 선택된 문제들에 대해 한정된 것일 뿐이지 일반적인 모든 상황에서의 절대적 우월성은 단정될 수 없다[5][7].

차량경로 문제는 일반적으로 서비스 대상이 되는 고객들의 수요와 공급, 그리고 고객 위치간의 거리가 미리 확정적으로 알려져 있음을 가정하고 있으나, 실제 차량 운송 시스템에서는 고객의 수요나 공급이 환경의 동적 변화에 기인하여 불 때 불확실한 경우가 대부분이다. 이처럼 고객의 주문과 운송수단이 확률적인 상황에서 차량경로를 결정하는 연구가 최근의 주요 관심이 되고 있다[10].

3. 시뮬레이션을 이용한 배송계획 시스템 설계

본 연구에서 다루는 배송 시스템은 하나의 중앙 시발지인 기점(depot)을 중심으로 node간 거리별로 분할된 지점들의 집합을 가정한다. 기점과 각 node, 그리고 각 node 사이는 거리를 토대로 차량 통행제한과 기타 운송요소를 포함한 실소요시간 행렬을 구성한다. 이렇게 구성된 Time Network을 기본 자료로 활용하여 기점으로 부터 복수 차종을 이용하여 그때 그때 결정되는 배송경로에 따라 각 node에 주문된 품목을 제한된 시간내에 배송하고자 한다. 이 때 가용차량은 주문량에 따라 차량 회전율이 다르므로 유동적이며, 각 차종별 배송 속도는 같다.

각 node의 주문량은 품목별 차량 적재기준에 따라 단위 volume을 산정하고 전체 주문량을 차량의 적재율로 표시한다. 이 때 node별 주문량은 고객 서비스 차원에서 단일배송을 원칙으로 하며, 단 차량 적재율을 초과하는 주문량은 품목의 단위를 깨뜨리지 않는 범위에서 분할하여 다회배송한다.

이러한 배송 물류 시스템을 개략적으로 묘사하면 <그림 3.1>과 같다.

배송비용은 물류센터를 중심으로 node간 거리별로

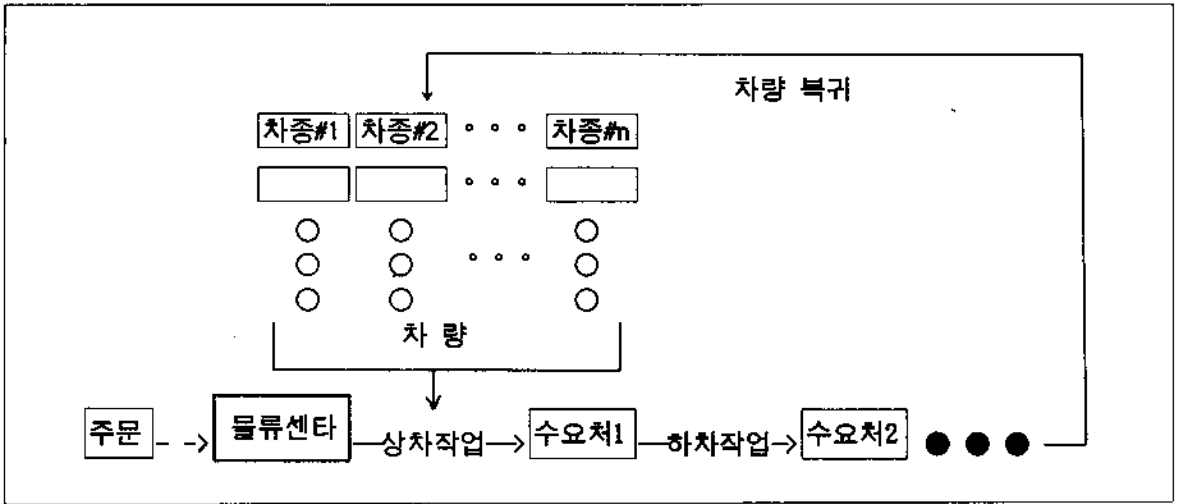
배송지역이 분할되어 있으며, 이 배송지역에 따라 고정비가 정해져 있고 경유처가 증가됨에 따라 변동비가 추가로 계산된다. 이 때 각 차종별로 고정비 및 변동비가 다르다. 그리고 운전기사의 중식식사시간 및 기점의 영업종료시간을 고려하며, 상차 및 하차작업시간을 포함하여 배송출발과 복귀시간 그리고 실제 차량의 운행시간을 판단하고자 한다.

본 연구의 대상이 되는 배송 시스템은 다음과 같은 제약조건을 가진다.

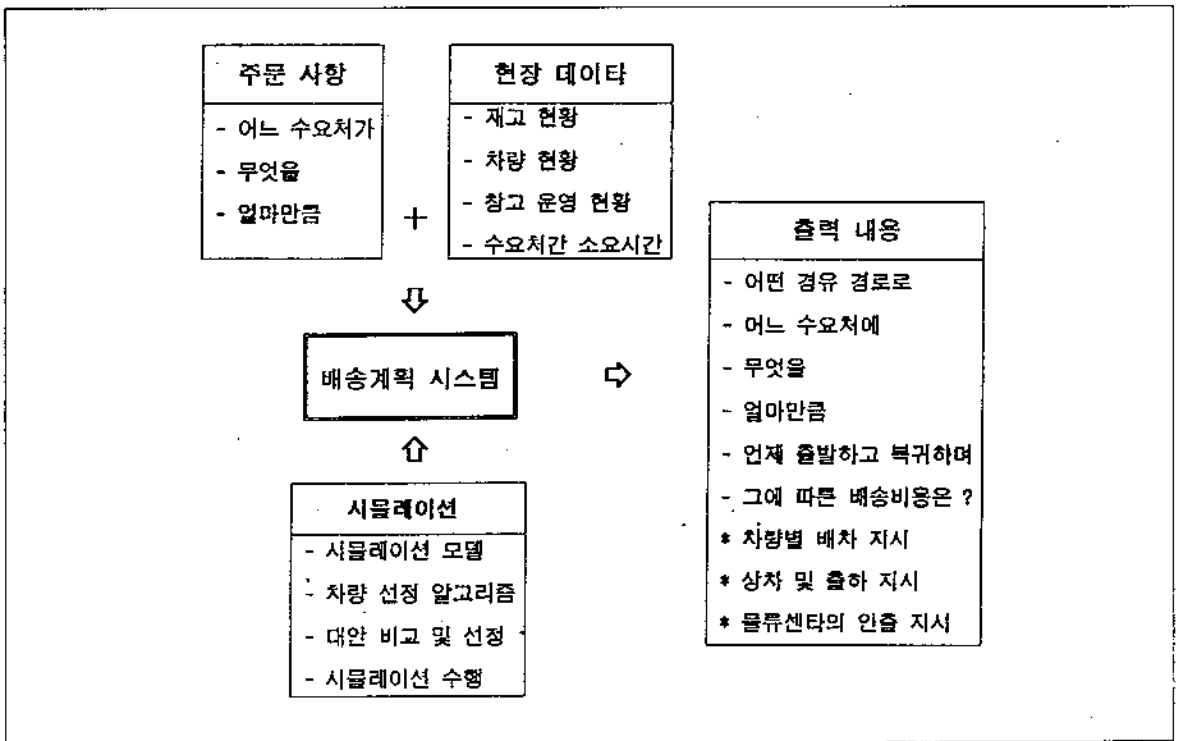
- 모든 차량은 기점에서 출발하고 기점으로 귀환한다.
- 주문량은 고객 서비스를 고려하여 일정한 시간 (예를 들어 12 시간)안에 배송한다.
- 차량의 적재율은 각 차종별로 정해진 적재범위에 따라 배송경로마다 다르다.
- 모든 수요지점의 수요량은 반드시 배달되며 반품은 고려하지 않는다.
- 차량적재율 상한을 초과하는 node는 주문품목 단위를 깨뜨리지 않고 분할하여 다회배송한다.

일반적으로 차량배송 문제는 수리적으로 NP-complete 문제로서 경로의 구성이 외판원 문제(Traveling Salesman Problem)를 반복적으로 구하는 문제와 같으며, 위와 같이 복수차종 및 차량의 적재량과 다수 수요처의 다양한 주문품목 등, 복잡한 제약이 포함될수록 심각한 계산시간상의 문제로 실제적인 해를 구하지 못하는 경우가 많다. 따라서 이러한 제약으로 인하여 최적화 기법보다는, 실제적인 시스템에서의 시뮬레이션 방법이 필요하게 된다. 더우기 실제 배송해야 할 node수가 대규모이고 주문품목이 다양하며, 복수차종에 의한 주문 적재량이 복잡한 시스템일 때에는 정형화된 수리모형으로는 여러가지 제약식을 만족하는 최적 배송경로를 찾기가 현실적으로 매우 어렵다. 따라서 <그림 3.1>의 시스템을 고려하여 발견적 기법과 시뮬레이션을 이용하여 최적 배송계획을 수립하는 시스템을 개발하였다.

시뮬레이션을 이용한 배송계획 시스템은 복잡하고도 다양한 입력 데이터를 가지고 있는 시스템에 대하여 발견적 기법을 사용하여 현실적으로 적용 가능한 대안(alternative)들을 추출하고 초기 시뮬레이션을 실



(그림 3-1) 배송 물류 시스템의 개략도



(그림 3-2) 시뮬레이션을 이용한 배송계획 시스템

행(pilot run)한 뒤, 효율적이라 판단되는 대안을 최적 대안으로 선택하여 추가 시뮬레이션하므로써 요구하는 결과를 제시하는 방법이다. <그림 3.2>는 이와 같

은 배송계획 방법을 묘사한 것이다.

<그림 3.2>에서의 주요 데이터는 각 node별 주문사항과 물류센터의 재고, 차량, 창고운영 현황 및 각

node간의 소요시간 등 현장 데이터를 파일로 처리한다.

그리고 시뮬레이션 모델에 따라 차량 선정과 대안 비교 및 선정 후 배송경로 및 제반 요구사항을 출력하게 된다.

시뮬레이션은 먼저 주문량에 대한 차량 및 단일경로 node를 결정하고, 적재율 범위에 따라 선정된 차량별로 가능한 node의 주문량을 병합하여 경로를 결정한다. 적재 상한율을 초과하는 node는 분할하여 선정된 차량에 따라 단일경로를 구성하고, 분할된 품목별 초과 주문량에 대해서는 다시 병합과정을 거친다. 병합하는 경로안의 경유순서는 외관된 문제를 배정문제로 완화하여, 여러개의 순환로가 형성되게 한 후 여러개의 순환로를 하나의 순환로, 즉 Hamiltonian 순환로를 만들어 주는 Bellmore-Malone의 Branch & Bound 기법[8]을 적용한다.

경로구성에 포함되지 않은 node가 있을 경우는 선정된 차량 적재량을 기준으로 품목 단위성을 깨뜨리지 않고 순차적으로 분할하여 병합하고, 경로 개선 절차를 거친다.

시뮬레이션 실행시 고려하는 대안의 예를 들면 다음과 같다.

- 1) 대안 #1 : 방문되지 않은 node 중에서 기점으로 부터 가장 먼 지역의 가장 먼 node를 종자(seed) node로 선정한다.
- 2) 대안 #2 : 방문되지 않은 node 중에서 기점으로 부터 가장 가까운 지역의 가장 가까운 node를 종자 node로 선정한다.

위에서 기술한 절차를 토대로 배송계획 시스템의 흐름도를 작성하면 <그림 3.3>과 같다.

4. 실험 및 평가

본 연구에서는 하나의 기점인 물류센타를 중심으로 거리별로 구분된 500개 이상의 node를 대상으로 2000여개의 주문 품목을 배송하는 모 제조회사의 가전제품 물류 시스템을 대상으로 3장에서 제시한 시뮬레이션을 이용한 배송계획 시스템 방법을 적용하기로 한다.

○년 ○월 ○일 임의 주문처리 시점에서 수요처 node가 물류센타인 기점을 포함하여 16개라 가정한다. 배송차종은 2.5톤과 5톤의 2종류로 하며 각 node별 주문량은 <표 4.1>과 같다. 1개당 적재율은 품목별 수량 1개에 대한 2.5톤 차량 적재율을 의미한다.

각 지역별 운송비 기준은 <표 4.2>와 같다. 이 때 변동비는 배송 node가 추가될 때마다 더해지는 추가 비용이다. 예를 들어 배송 node가 B지역에 3개이고 C지역에 2개일 때의 2.5톤 차량의 배송비용은 $36,300 + (5-1) \times 3,600 = 50,700$ 원이다.

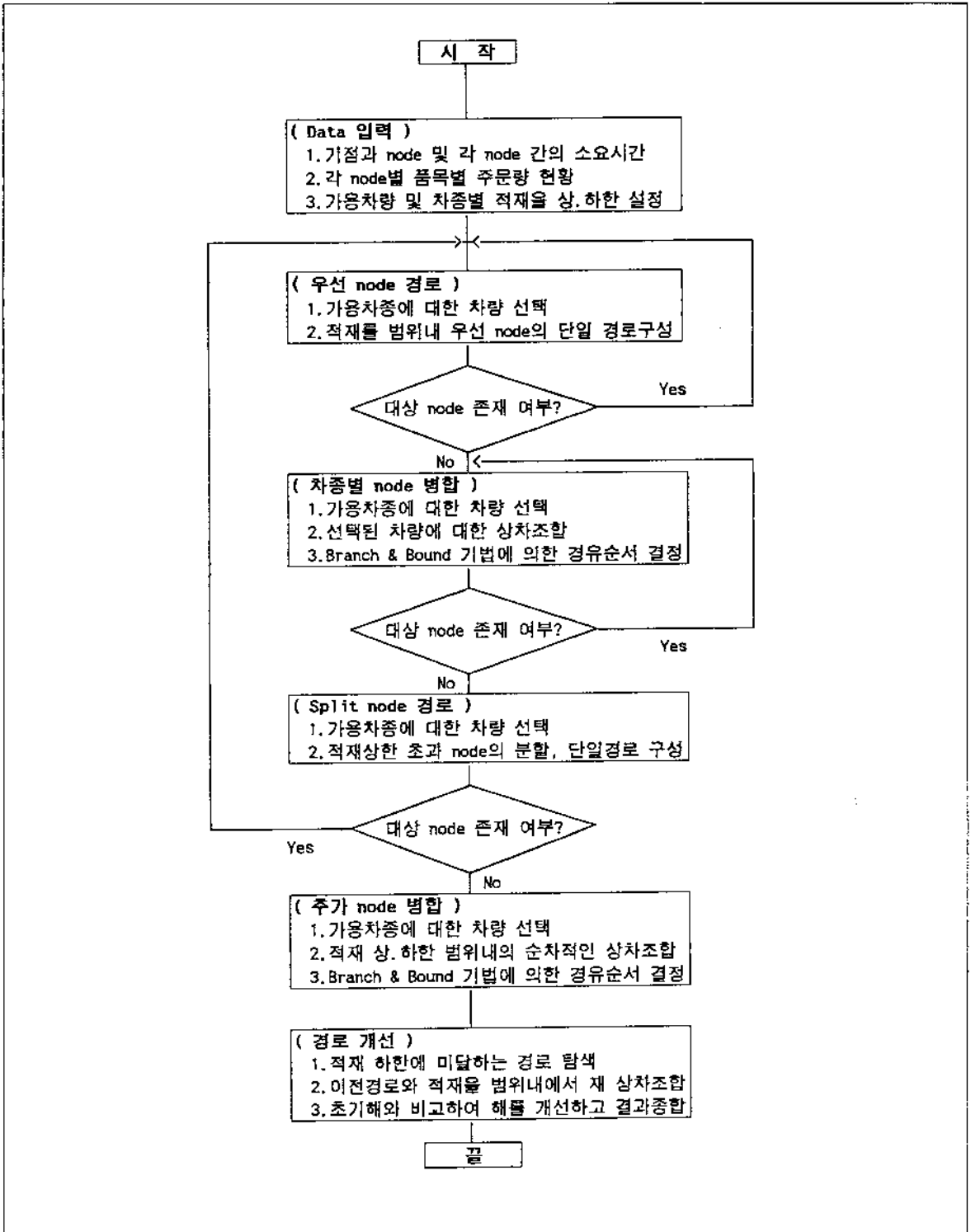
경로 구성시 2.5톤 차량적재율 상한은 105%이고 하한은 90%이며, 5톤 차량적재율 상한은 185%이고 하한은 170%이고(차량 효율을 고려 조정), 현재 주문처리시 제한차량은 5톤이 3대, 2.5톤이 15대이다. 차종 선정은 차량효율을 고려하여 가능한 차량을 선택하여 배정한다.

각 지역별 node간의 실소요시간은 거리를 기본으로 차량통제 및 기타 운행제약 요소가 포함된 데이터로서 <표 4.3>과 같다. 이 때 각 배송차종의 운행속도는 동일하다고 가정한다.

이러한 배송 시스템에서 가장 주의할 점은 주문 고객에 대한 서비스 및 배송차량의 상차와 하차 작업을 고려하여, 주문품목들의 부품 단위성을 깨뜨리지 않고 배송해야 한다는 점이다.

먼저 최적 대안을 선정하기 위하여 위에서 제시한 배송 시스템을 대상으로 현실적인 제약조건을 모두 고려한 대안 #1과 대안 #2에 대하여 초기 시뮬레이션을 시행한 결과와, 이들의 비교기준으로서 최근인접점 기법(Nearest-Neighbor Heuristic Method)을 적용한 현재 시스템의 운용 결과는 <표 4.4>와 같다.

초기 시뮬레이션 결과, 대안 #1은 현재의 최근인접점 방법에 비해 비용면에서 9.0%, 시간면에서 10.1% 더 효율적이다. 대안 #2는 현행 방법보다 비용면에서 15.4%, 시간면에서 2.2% 더 유효함을 알 수 있다. 그러나 대안 #1은 대안 #2보다 소요시간면에서 더 효율적이며, 대안 #2는 대안 #1에 비하여 배송비용면에서 보다 더 유효하다. 여기에서 개발된 시스템의 컴퓨터 실행상의 Run time은 두개 대안 모두 실시간으로 처리가능하므로 고려하지 않는다. 따라서 대안의



(그림 3-3) 배송계획 시스템 흐름도

〈표 4-1〉 배송 node별 주문량

지역	node 번호	item	수량	1개당 적재율	총 적재율(%)
A	3	728	20	1	20
		1273	22	3	66
	6	1961	34	2	68
		1388	2	2	4
B	14	1470	35	1	35
	16	638	15	3	45
	18	1388	46	4	184
C	33	1275	48	2	96
		1269	6	5	30
	40	1061	29	3	87
	45	450	49	3	147
D	50	264	43	2	86
		216	9	4	36
	59	633	34	3	102
	65	187	25	3	75
G	71	1539	29	3	87
	79	586	6	5	30

〈표 4-2〉 지역별 운송비 기준

(단위 : 원)

구분	고정비					변동비
	A지역(15Km)	B지역(20Km)	C지역(25Km)	D지역(30Km)	G지역(45Km)	
2.5톤	30,500	33,000	36,300	40,300	49,500	3,600
5톤	54,100	58,100	64,100	71,600	88,100	4,500

선정은 두가지 평가항목중 시스템 관리자가 보다 더 중요시하는 평가항목에 대하여 최적 대안을 선택할 수 있다. 참고로 대안 #1을 적용하여 〈그림 3.3〉과 같은 절차에 의해 시뮬레이션한 결과와 기존 방법에 의해 결정된 배송경로는 〈표 4.5〉와 같다.

실제로 배송 시스템 관리자가 회사의 배송비용 절감보다도, 고객 서비스에 주안점을 주어 소요시간을 최소로 하고자 할 때, 대안 #1을 선정하여 실시스템을 대상으로 추가 시뮬레이션을 수행하는 경우를 고려하기로 한다. 본 연구에서 제시한 배송계획 시스템 방법을 C 언어로 코드화하여 IBM-PC 486 DX 2-50

상에서 실험할 때, 시스템의 입력 데이터는 〈표 4.6〉과 같다.

이러한 입력 데이터에 대하여 시뮬레이션을 실행한 결과 총 73개의 배송경로(2.5톤 56개, 5톤 17개)가 결정되었다. 2.5톤 배송경로 56개중에서 하나의 경로에 대한 결과는 〈표 4.7〉과 같다.

〈표 4.7〉은 6번과 7번 지역의 65,73,80번 node에 대하여 주문량 98%를 2.5톤 차량에 적재하고 최적 경우 순서에 따라 배송할 때의 결과이다. 배송비용은 62,700 원이며 차량 소요시간은 310분, 총 배송 소요시간은 430분으로서 08:00에 물류센타를 출발하여 15:10에

〈표 4-3〉 실소요 시간표

(단위 : 분)

구분	0	A 3	A 6	A 9	B14	B16	B18	C33	C40	C45	D50	D59	D65	G71	G73	G79
0	0	20	10	16	40	40	45	40	50	60	60	60	60	85	130	140
A 3	20	0	15	15	50	45	50	47	57	67	65	55	65	85	135	145
A 6	10	15	0	15	45	45	50	40	50	60	55	55	60	85	130	140
A 9	16	15	15	0	45	40	40	50	60	60	65	55	60	85	130	140
B14	40	50	45	45	0	20	35	40	35	45	35	30	45	90	120	130
B16	40	45	45	40	20	0	15	40	25	45	35	35	35	90	130	130
B18	45	50	50	40	35	15	0	45	40	50	40	40	30	85	125	125
C33	40	45	40	50	35	30	30	0	20	45	30	30	40	80	80	80
C40	50	50	50	60	35	25	25	20	0	35	25	25	40	80	80	80
C45	60	60	60	70	40	35	35	25	25	0	25	30	40	80	80	80
D50	60	60	65	65	35	35	40	35	25	15	0	10	15	50	70	80
D59	60	55	60	60	30	35	40	40	30	30	10	0	15	55	65	75
D65	60	70	60	70	40	45	45	40	30	25	15	15	0	35	45	60
G71	70	75	70	80	75	70	70	40	40	50	50	45	30	0	30	40
G73	130	135	130	140	90	80	80	75	80	60	55	55	40	20	0	17
G79	140	150	140	150	95	90	90	80	95	70	55	55	45	30	18	0

〈표 4-4〉 대안 선정을 위한 초기 시뮬레이션 결과

구분	초기 시뮬레이션 결과		현재시스템 운용결과 (최근인접점)
	대안 # 1 적용	대안 # 2 적용	
배송경로 수	10 개	10 개	11 개
소요차량	5톤 3 대 2.5톤 7 대	5톤 3 대 2.5톤 7 대	5톤 3 대 2.5톤 8 대
총 배송비용	505,500 원	477,300 원	551,000 원
총 소요시간	1,245 분	1,341 분	1,371 분
효율 비교	배송비용	109.0 %	115.4 %
	소요시간	110.1 %	102.2 %
			100 %

복귀한다. 가용한 2.5톤 차량은 87대가 남아있음을 알 수 있다. 이러한 출력내용에 따라 배송차량의 운행시간을 통제할 수 있으며, 주문량에 대한 수요차량을 정확하게 예측하므로써 전체적인 배송계획 시스템을 효율적으로 운영할 수 있다. 73개의 모든 배송경로를 종합한 출력내용은 〈표 4.8〉과 같다.

시뮬레이션 실행 결과 임의 주문처리시점에서의 주

문건수 198에 대하여 결정된 배송경로는 2.5톤 차량이 56개, 5톤 차량이 17개이다. 차량 소요시간은 9,635분이며, 상차 및 하차 작업시간이 포함된 총 배송 소요시간은 13,765분이고, 이에 대한 총 배송비용은 3,214,600원이다.

본 연구는 주문량의 품목 단위를 깨뜨리지 않고, 복수 차량의 적재율을 고려하여 차량경로를 구성하며,

〈표 4-5〉 대안 #1의 결과 비교

순서	대안 #1 적용 결과				현행 방법(NNH) 적용 결과			
	경로	시간	배송비	주문량	경로	시간	배송비	주문량
①	0-D ₃₈ -0	120	40,300	102 %	0-A ₃ -A ₆ -A ₉ -0	66	37,700	90 %
②	0-C ₂₃ -0	80	36,300	96 %	0-A ₆ -B ₁₄ -0	95	36,600	103 %
③	0-B ₁₈ -0	90	58,100	184 %	0-B ₁₈ -0	90	58,100	184 %
④	0-D ₃₅ -G ₇₅ -0	260	53,100	105 %	0-B ₁₆ -C ₂₃ -0	120	39,900	75 %
⑤	0-C ₂₈ -D ₃₀ -B ₁₄ -0	145	47,500	101 %	0-C ₂₃ -0	80	36,300	96 %
⑥	0-A ₆ -A ₉ -A ₃ -0	60	37,700	92 %	0-C ₂₆ -0	100	36,300	87 %
⑦	0-D ₃₀ -G ₇₁ -0	180	92,600	173 %	0-C ₄₅ -G ₇₅ -0	280	92,600	177 %
⑧	0-C ₄₅ -0	120	36,300	105 %	0-D ₃₀ -G ₇₁ -0	180	92,600	173 %
⑨	0-B ₁₆ -C ₄₀ -C ₄₅ -0	170	73,100	174 %	0-D ₃₀ -0	120	40,300	36 %
10	0-A ₆ -0	20	30,500	66 %	0-D ₃₀ -0	120	40,300	102 %
11	-	-	-	-	0-D ₃₅ -0	120	40,300	75 %
합계	5톤3, 2.5톤 7 총 10 개 경로	<u>1245</u>	<u>505,500</u>	<u>1198 %</u>	5톤 3, 2.5톤 7 총 11개 경로	<u>1371</u>	<u>551,000</u>	<u>1198 %</u>

〈표 4-6〉 입력 내용

<ul style="list-style-type: none"> * 기점와 각 node, 각 node간의 실제 소요시간 (파일 저장) * 생산 제품의 volume 및 수량과 각 node의 주문량 (파일 저장) * 각 차량의 형태 및 수량 : 2.5 톤 120대, 5 톤 25대 (사용자 지정) * node 수 : 80 (사용자 지정) * 주문 품목(item) 수 : 2000 (사용자 지정) * 임의 주문처리시점에서 주문건수 : 198 (사용자 지정)

이를 점차 발전시키는 발전적 알고리즘을 구체화하여 시뮬레이션한 것으로서, 기존의 수작업 배송시 동시에 고려되기 어려운 다수의 제약조건을 만족하며 배송경로를 최소화하므로써 차량이용 효율을 높일 수 있는 배송계획 시스템과 프로그램을 제시하였다. 이는 경로 구성 방법과 개선절차가 매우 간편하므로 빠른 시간에 경로구성이 이루어질 수 있어 실시간 처리가 가능하다 (주문건수 198에 대한 run-time : 1분 40초 소요). 이 배송계획 시스템은 특히 복수차종과 대규모 node, 그리고 다양한 주문 품목(2000개 이상)과 대규모 주문처리건수(주문건수 1000건 동시 처리 가능) 등, 실제적이고 복잡한 배송 시스템에 유용하다. 이와

같은 방법을 최근인접점 방법에 의해 경로를 결정하는 모 제조회사의 가전제품 배송 시스템에 적용하였을 때, 대안 #1의 경우 직접적인 배송비용만 11%, 그리고 배송 소요시간은 20% 이상 절감하는 효과를 가져왔다. 부가적으로 배송경로를 최소화하고 차종을 유동적으로 운영하며 소요차량을 예측할 수 있으므로 차량수급이 용이하고, 차량의 배송시간 및 복귀시간을 알게 되기 때문에 계획적인 배송이 가능하여 배송업무의 합리화를 실현할 수 있다. 또한 프로그램의 모든 정보가 파일 처리로 수행되므로 필요한 정보의 형식만 갖추면 여타의 비슷한 배송 시스템에 적용이 가능하다.

〈표 4-7〉 배송경로 예(2.5톤)

***** OUTPUT SUMMARY *****					
7	80	541	13	4	52
7	80	1174	8	1	8
6	73	1805	3	1	3
6	65	626	7	6	35
Used truck: 2.5 ton					
Total Volume: 98					
Logistics Center(0) -> 65: 110 -> 80: 40 -> 73: 20 -> 0: 140					
Driving time: 310					
Loading time: 60					
Release time: 60					
----- TOTAL TIME -----					
Opening time: 8 hour					
Comeback time to Logistics Center: 15 hours 10 min.					
The number of available trucks: 87					
----- TOTAL COST -----					
Setup cost: 55500 won					
Via cost: 7200 won					
Total cost: 62700 won					
Logistics cost(SUM): 527600 won					

〈표 4-8〉 종합 출력 내용

***** OUTPUT SUMMARY *****		
EVENT NUMBER	:	198
USED 2.5 TON	:	56
USED 5 TON	:	17
TOTAL DRIVING TIME	:	9635 Min
TOTAL CONSUMED TIME	:	13765 Min
TOTAL LOGISTICS COST	:	3214600 Won

5. 결론

시뮬레이션 모델은 여러가지 대안을 쉽게 시행해 볼 수 있으며, 수리적인 방법보다 더 현실에 가깝게 시스템을 묘사할 수 있으므로 복잡하고 다양한 제약 조건을 가지고 있는 현실 시스템에 매우 유용하게 적용된다. 이러한 시뮬레이션을 이용한 배송계획 시스템 연구 결과, 기존의 최근인접점 방법보다도 더 효율적으로 비용과 시간을 동시에 절감시키는 배송경로를 결정하게 된다. 그리하여 어떤 차량으로, 어떤 수요처에, 어떤 물품을 배송하고, 언제 돌아올 것인가, 그리고 그에 따른 배송비는 얼마인가? 라는 요구사항에 대해 결과 제시가 가능하게 되었으며, 특히 배송거리나 시간단축으로 고객 서비스를 향상시켜 배송 시스템을 효율화하였고, 계획적인 배송작업으로 시스템의 관리 수준을 향상시켰으며, 배송차량의 효율적 운용으로 차량 대수 감축과 배송차량의 운영비 절감 및 상하차 작업을 편리하게 할 수 있게 되었다.

앞으로의 과제는 특수 문제상황과 추가적인 제약조건을 다루기 쉽도록 사용자 위주의 데이터 베이스 시스템을 보장해서 범용성 소프트웨어를 개발하는 것이다.

참고문헌

- [1] 윤문규 외, "한국 물류표준화 무엇부터 해야 하나", 「물류정보」, 2권,3호, pp.44-56, 1994. 3.
- [2] 라연주, 송성현, 박순달 "제품수송을 위한 일일 배송 계획 시스템의 개발", 「전산활용연구」, 5권, 1호, pp. 27-48, 1992. 12.
- [3] 송성현과 박순달, "배차문제 : 연구현황과 전망," 「한국군사운영분석학회」, 12권, 2호, pp.37-55, 1986. 12.
- [4] 신해웅과 강맹규, "혼합형 유전해법을 이용한 배송차량의 경로결정," 한양대학교 대학원 (박사논문), 1994.
- [5] Albertq,Garcia-Diaz, "A Heuristic Circulation-Network Approach to Solve the Multi-Traveling Salesman Problem," John Wiley & Sons, *Networks*, Vol.15, pp.455-467, 1985.
- [6] Dantzig, G. P & Ramser, J. H. , "The Truck Dispatching Problem", *Management Science*, Vol. 6, pp. 80-91, 1959.6
- [7] Lawler, E.L. et al.,*The Traveling Salesman Problem*, J.Wiley & Sons Ltd, pp.431-448, 1985.6
- [8] Winston,Wayne L., *Introduction to Mathematical Programming Application & Algorithms*, PWS-KENT, pp. 461-488, 1991.
- [9] Golden, B. L., T. L. Magnanti, and H. Q. Naueny, "Implementing Vehicle Routing Algorithms," *Networks*, Vol. 7, pp.113-148, 1977.
- [10] Law, A. M. & Kelton, W. D., *Simulation Modeling & Analysis*, McGraw-Hill, 1991.



이영해(李永海)

1977년 고려대학교 산업공학과 학사
 1983년 미국 Univ. of Illinois, 산업공학과 석사
 1986년 미국 Univ. of Illinois, 산업공학과 박사
 일본 오사카대학 전자제어기계공학과 객원교수(1990년)
 현재 대한산업공학회 이사
 현재 한양대학교 산업공학과 부교수
 관심분야 : Simulation in Manufacturing, Intelligent Manufacturing System.



양병희(梁炳熙)

1984년 육사졸업
 1987년 국방대학원 운영분석 석사
 현재 한양대학교 산업공학과 박사과정
 관심분야 : Simulation in Manufacturing, Wargame, Logistics system