
자동배차 지원시스템의 휴리스틱 알고리즘 설계

이명호*

Design of Heuristic Algorithm of Automatic Vehicle Delivery Support System

Myeong-Ho Lee *

요 약 공급자와 소비자간의 정보공유는 기능 중심에서 프로세스 중심이 되면서, 유연성과 고객 서비스를 극대화하기 위한 새로운 물류 개념을 요구하게 되었다. 다시 말하면 원부자재의 조달에서부터 생산을 거쳐 고객에게 판매되기까지의 전 과정에 걸친 개체간의 수요와 공급의 사슬관계를 의미하는 공급망 내에서 정보, 자금 그리고 물의 흐름을 관리 통제하는 공급사슬경영(SCM)이 사업의 핵심역량으로 인식되고 있다. 또한 국내 기업들의 수배송 업무의 합리화는 국내 기업 물류관리의 가장 중요한 과제중의 하나로 부각되고 있다. 물류센터로부터 각 거래처로 물품을 배달하는 배송업무의 경우에는 기업의 물류정보시스템이 상류 중심의 데이터 체계로 구축되어왔기 때문에 물류관리 업무의 합리화에 활용할 수 있는 기초 데이터 부재와 현실적인 제약조건들을 고려한 효율적인 자동배차 알고리즘을 적용하지 못했기 때문에 배차담당자들의 수작업 조정시간이 장시간 소요되었다. 따라서 본 논문에서는 현실적인 다양한 제약조건을 만족하고, 수작업 조정시간이 대폭 줄어들면서, 우편중심 좌표를 이용한 차량별 근거리 그룹핑으로 자동배차 지원시스템의 휴리스틱 알고리즘을 설계하도록 한다.

주제어 : 물류, 공급사슬경영, 수배송, 자동배차 지원시스템

Abstract Moreover a new logistics concept is needed through the sharing information between suppliers and consumers, which maximizes the level of customers service and its flexibility by changing functional-oriented to process-oriented. In other words, Supply Chain Management(SCM) is now considered as a key aspect of business, which controls the flows of information, funds, and goods in the supply chain. Rationalization of transport-delivery system will be one of the most important issues on logistics management to the domestic companies. The companies need the effective delivery system. Especially in the case of delivery system from distribution centers to customers or vendors, it might take a long time to control the delivery system manually because it would be hard to apply the automatic vehicle routing algorithm effectively considering all the practical constraints. Thus this study develops a heuristic algorithm of automatic vehicle delivery support system in terms of grouping by short ranges of vehicle movement utilizing postal coordinates, which satisfies a variety of realistic constraints and reduces controlling time of manual operations.

Key Words : Logistics, SCM, Transport-Delivery, Automatic Vehicle Delivery Support System

1. 서론

디지털 융합과 모바일 미디어의 발달은 기업과 기술 환경의 변화를 유발시켰고, 고객의 다양한 욕구는 점차 고객 만족과 정보 시스템 통합화로 역동적으로 변화되고 있다. 공급자와 소비자 간의 정보공유는 기능 중심에서

프로세스 중심이 되면서, 유연성과 고객 서비스를 극대화하기 위한 새로운 물류 개념을 요구하게 되었다. 다시 말하면 원부자재의 조달에서부터 생산을 거쳐 고객에게 판매되기까지의 전 과정에 걸친 개체간의 수요와 공급의 사슬관계를 의미하는 공급망 내에서 정보, 자금 그리고 물의 흐름을 관리 통제하는 공급사슬경영(SCM)이 사업

*세명대학교 전자상거래학과

논문접수: 2013년 2월 3일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2013년 2월 28일, 확정일: 2013년 3월 20일

의 핵심역량으로 인식되고 있다. 또한 국내 기업들의 수·배송 업무의 합리화는 국내 기업 물류관리의 가장 중요한 과제중의 하나로 부각되고 있다. 대부분의 수·배송 연구는 차량경로 문제(VRP), 시간제약을 가지는 차량경로 문제(VRPTW), 차량일정계획 문제(VSP), 차량경로일정계획 문제(VRSP) 및 시간대에 따른 차량경로 문제 등으로 연구되어 왔으며, Dantzig와 Ramser[6]에 의해 최초로 제기되었다.

그러나 이와 같은 차량경로문제는 수리적으로 NP-hard[7] 이면서 NP-complete[8] 문제에 속하기 때문에 최적해를 찾을 수 있는 해법이 있다 하더라도 단시간 내에 최적해를 구하는 것이 불가능하므로 이 해법을 현실에 적용하기 어려운 실정이다. 또한 GIS나 GPS를 이용하여 편리한 사용자 인터페이스를 제공함으로써 수정작업의 편의를 도모하거나, 수·배송 업무 수행 중 발생하는 문제를 실시간으로 추적하여 대처하는데 주로 활용하는 수·배송 지원시스템들이 있지만[4], 이 시스템들은 최적의 자동배차계획 수립을 가능하게 하는 시스템은 아니다. 특히 물류센터로부터 각 거래처로 물품을 배달하는 배송 업무의 경우에는 기업의 물류정보시스템이 상류 중심의 데이터 체계로 구축되어왔기 때문에 물류관리 업무의 합리화에 활용할 수 있는 기초 데이터 부재와 현실적인 제약조건들을 고려한 효율적인 자동배차 알고리즘을 적용하지 못했기 때문에 배차담당자들의 수작업 조정시간이 장시간 소요되었다.

따라서 본 논문에서는 현실적인 다양한 제약조건을 만족하고, 수작업 조정시간이 대폭 줄이면서, 우편중심 좌표를 이용한 차량별 근거리 그룹핑으로 자동배차 지원 시스템의 휴리스틱 알고리즘을 설계하도록 한다.

2. 자동배차 지원시스템

2.1 제약조건

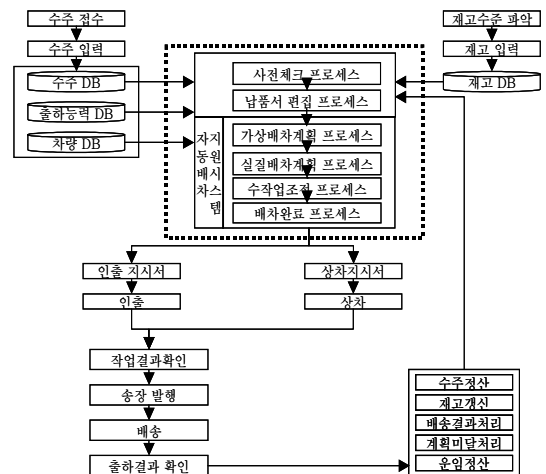
현재까지 연구된 실시간 차량경로문제들은 매일 변화하는 교통상황과 세밀한 지리적인 조건을 반영하기 어렵고, 많은 거래처들을 적용하여 개발되지 못하였다[1][2]. 그리고 거래처수가 많아질수록 방대한 크기의 데이터베이스 구축이 필요할 뿐만 아니라 계산시간의 증가로 인한 비효율성이 야기될 수 있다. 또한 다양한 제약조건들을 충분히 고려하지 못하기 때문에 최적경로를 구한다 하더라도 현실에 적용하기 어려운 실정이다. 따라서 현

실의 배차계획 문제에서는 최적 경로설정 보다도 다양한 제약조건을 해결하면서 차량별 근거리 그룹핑을 가능하게 하는 것이 중요하다. 이 때 현실적으로 고려되어야 하는 제약조건들은 다음과 같다[3].

첫째, 거래처별 배송요구시간(오전검수, 꼭오전, 오후검수, 꼭 오후, 아무 때나 등)이 있다. 둘째, 거래처별 배송차량 진입의 제약(5톤이상 가능, 2.5톤 탑/카고 가능, 2.5톤 카고 가능, 1.5톤만 가능 등)이 있다. 셋째, 거래처의 도착지가 변경될 수 있다. 넷째, 다양한 종류의 배송차량(5톤, 2.5톤 탑/카고, 1.5톤 등)이 사용되고 있다. 다섯째, 배송차량은 다회전 배송(1회전, 2회전, 3회전 등)이 가능하다. 여섯째, 차량의 적재용량은 무게와 용적을 고려한다. 일곱째, 지입차나 자가차가 부족한 경우 임시차를 사용한다.

2.2 배차계획 지원시스템 흐름도

대부분 기업들의 성공적인 물류정보시스템의 구축을 위하여 1단계로 물류센터 내 물류지원 정보시스템 구축하고, 2단계로 생산물류 통합지원 정보시스템의 구축을 통하여, 마지막 3단계로 생산·판매물류 통합지원 정보시스템 구축으로 단계별로 추진하고 있다. 그 중에서 실제 기업에서 수행되고 있는 일반적인 배차계획 지원시스템의 업무 흐름을 살펴보면 [그림 1]과 같다.



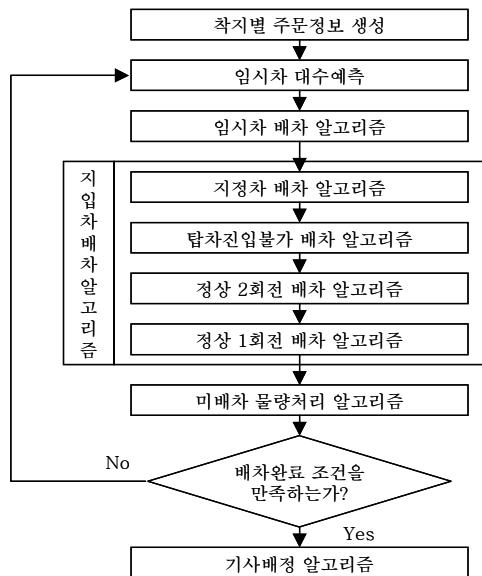
[그림 1] 배차계획 지원시스템 흐름도

각 물류센터에서는 숙련된 배차담당자가 기초 데이터를 통한 가상배차 지원시스템을 장시간에 걸쳐 수정·배차 계획을 확정하면 차량별 피킹 리스트를 통해 해당 물

품을 오더 피킹, 상차하여 배송하게 된다.

2.3 휴리스틱 알고리즘 흐름도

배송센터 내에서 자동배차 지원시스템의 휴리스틱 알고리즘을 설계하기 위하여, 현실적인 제약조건에 따라 배송차량의 적재율과 정시 배송을 효과적이고 체계적인 방법으로 알려진 Seed Point 알고리즘[5][9]을 기초로 3 단계 모델 구조 접근 방법으로 알고리즘을 설계토록 한다. 본 논문에서는 Seed Point 알고리즘을 기초로 하여 자동배차 지원시스템의 휴리스틱 알고리즘을 설계하기 위한 흐름도는 [그림 2]와 같다.



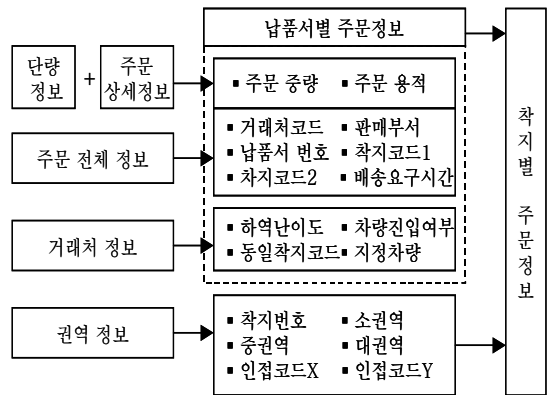
[그림 2] 휴리스틱 알고리즘 흐름도

배차계획 지원시스템에서 자동배차 지원업무는 배송거래처에 대한 정보보다는 어디로 배송하는가에 대한 도착지에 대한 정보가 중요하기 때문에, 자동배차 지원시스템의 휴리스틱 알고리즘을 설계하기 위한 첫 번째 단계는 [그림 3]과 같이 주문을 착지별로 주문정보를 생성한다.

3. 휴리스틱 알고리즘 설계

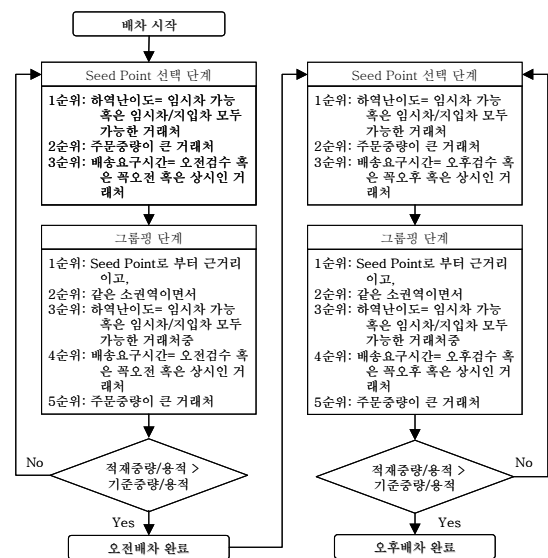
3.1 임시차 배차 알고리즘 설계

임시차는 비용적인 측면에서 많은 물량을 배송하는 것이 바람직하기 때문에 2회전 배차를 원칙으로 설계한다.



[그림 3] 착지별 주문정보 생성 흐름도

2회전 배차는 오전 배차와 오후 배차로 구분되며, 거래처의 배송요구시간과 하역난이도를 고려하여 오전과 오후배차를 번갈아 가면서 수행되도록 설계한다. 임시차 배차의 휴리스틱 알고리즘은 [그림 4]와 같이 총 물량으로부터 예측된 차량 대수와 운행 가능한 지입차의 수를 비교하여 필요한 임시차 대수의 초기값을 결정하고, 일단 결정된 수만큼의 임시차를 사용하여 배차를 시행한다. 배차가 완료된 후 주어진 차량이 부족하여 물량을 처리할 수 없는 경우 임시차의 수를 한대 증가시켜 배차를 다시 시행하게 되며, 만일 차량이 남는 경우에는 임시차의 대수를 한대 감소시킨 후, 배차를 다시 시행하는 작업을 반복함으로써 필요한 임시차를 정확히 결정하게 된다.

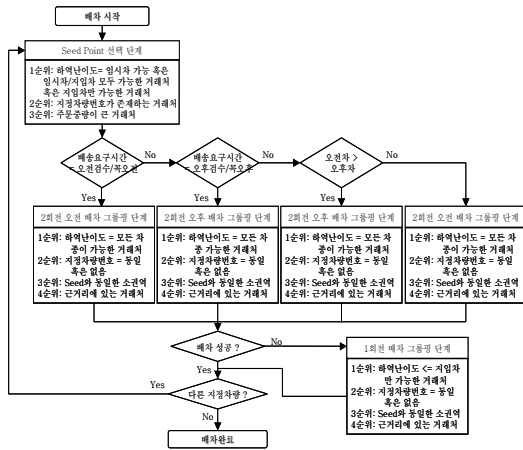


[그림 4] 임시차 배차 알고리즘 흐름도

3.2 지입차 배차 알고리즘 설계

(1) 지정차 배차 알고리즘 설계

지정차량 배차 알고리즘은 [그림 5]와 같이 Seed Point 선택기준에 따라 지정차량이 있는 거래처를 선택한 후, 그룹핑 작업에서 배송요구시간을 고려하여 먼저 2회전 차량으로 배차를 하고, 배차가 실패했을 경우 1회전 배차를 하도록 설계한다. 또한 만약 2회전 배차만으로 실패하게 되면 1회전 배차를 수행하여 지정차량의 제약을 해결하도록 한다. 각 시간대별 배차 단계에서 동일 지정차량, 동일 시간대가 요구되는 거래처는 우선적으로 처리하도록 설계한다.

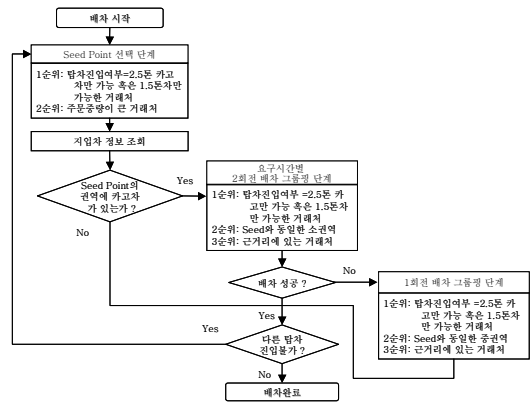


[그림 5] 지정차 배차 알고리즘 흐름도

(2) 탑차 진입불가 배차 알고리즘 설계

탑차 진입불가 배차 알고리즘의 설계는 지정차 배차 설계와 마찬가지로 차량 진입제한이 있는 거래처에 대한 배차를 먼저 수행함으로써 정상적인 거래처에 대한 배차를 손쉽게 처리할 수 있도록 한다. [그림 6]과 같이 Seed Point의 선택 기준은 탑차의 진입이 불가능한 거래처 중 주문중량이 큰 거래처가 될 수 있다.

Seed Point가 선정되면, 지정차와는 달리 먼저 지입차량 정보를 조회하여 Seed Point가 속한 소권역 내에 카고차가 존재하는가를 먼저 검색한다. Seed Point의 소권역 내에 카고차가 존재하는 소권역의 탑차 진입불가 거래처를 우선적으로 처리한 후, 처리되지 못한 탑차 진입불가 거래처는 이웃 소권역의 사용가능한 카고차의 존재를 검토한 후 사용할 수 있는 카고차가 더 이상 존재하지 않는 경우에는 탑차로 배차한다.



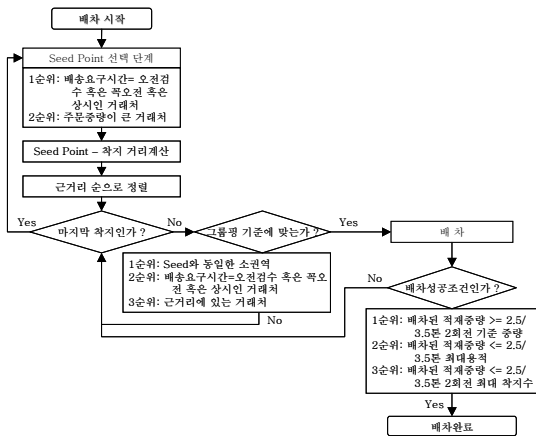
[그림 6] 탑차 진입불가 배차 알고리즘 흐름도

만약 Seed Point의 권역을 담당하는 카고차가 있다면, 지정차량 배차와 마찬가지로 해당 요구시간에 의한 2회전 배차를 시도한다. 2회전 배차가 성공하게 되면 또 다른 탑차 진입불가 거래처가 있는지를 조회하여 같은 방법으로 배차를 하고, 더 이상의 탑차 진입불가 거래처가 없다면 배차를 완료한다. 그러나, 2회전 배차가 실패하게 되면, 1회전 배차를 수행하고 배차완료 하도록 설계한다.

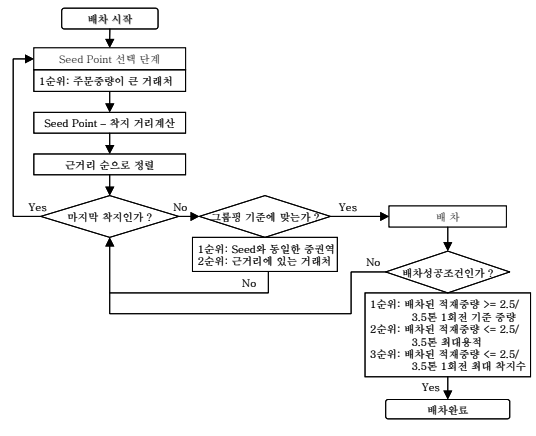
(3) 정상 2회전 배차 알고리즘 설계

지정차 배차와 탑차 진입불가 배차가 완료되면, 나머지 거래처에 대하여 먼저 정상 2회전 배차를 수행한다. 2회전 차량은 대량의 주문을 가지는 대형 거래처들을 오전과 오후 두 차례 배송하는 차량이다. 2회전 차량의 배차 설계에서는 오전차량과 오후차량에 대한 균형을 유지하고, 차종에 따른 최대 적재량을 고려해야 한다. 정상 2회전 오전배차에서 Seed Point 선택 기준은 [그림 7]과 같이 배송요구시간이 오전검수이거나 쪽오전, 혹은 상시인 거래처 중 하역난이도에 상관없이 주문중량이 큰 거래처가 될 수 있다.

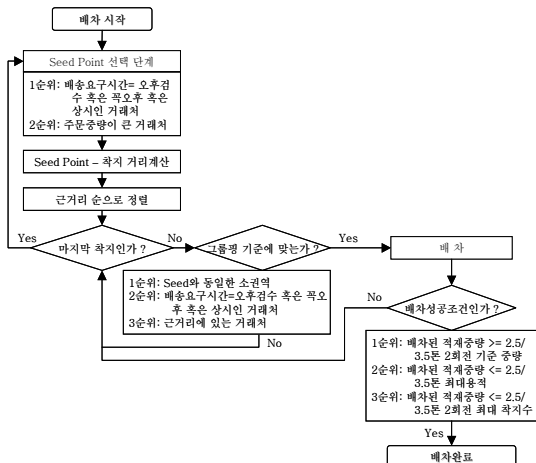
Seed Point가 결정되면 나머지 거래처와 Seed Point간 거리를 우편번호별 중심좌표 계산 방법[3]을 통하여 근거리 순으로 정렬함으로써 근거리에 위치한 거래처가 배차되도록 설계한다. 오전배차가 끝나면, 오후배차가 이루어지는데 [그림 8]과 같이 Seed Point선택과 그룹핑 기준만 다를 뿐 [그림 7]의 정상 2회전 오전배차와 같은 방법으로 수행되며, 2회전 배차는 더 이상 2회전 배차성공조건에 만족되지 않거나, 또는 더 이상의 배차할 지입차가 없을 때 종료된다.



[그림 7] 정상 2회전 오전배차 알고리즘 흐름도



[그림 9] 정상 1회전 배차 알고리즘 흐름도



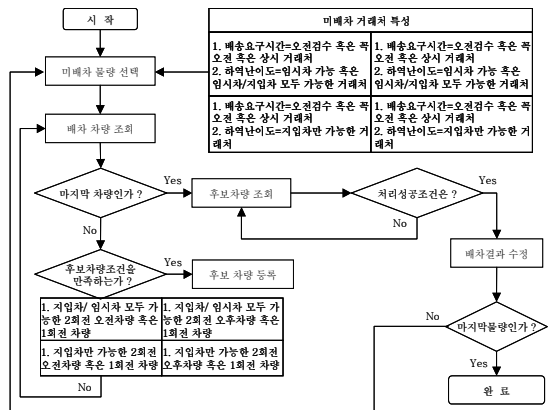
[그림 8] 정상 2회전 오후배차 알고리즘 흐름도

(4) 정상 1회전 배차 알고리즘 설계

1회전 차량은 소량의 주문을 가지는 여러 거래처들을 하루 종일 배송하는 차량으로 2회전 차량보다 거래처 수가 많고, 이동거리가 길다. 따라서 1회전 차량의 배차에서는 차종에 따른 최대 적재량과 최대 거래처 수를 고려하여 설계하는 것이 중요하다. 지입차 2회전 배차가 끝나고 나면 남은 지입차에 대해서 정상 1회전 배차를 [그림 9]와 같이 수행한다. 정상 1회전 배차에서 Seed Point 선택기준은 다른 조건에 상관없이 주문중량이 큰 거래처가 된다. Seed Point가 결정된 후의 배차 알고리즘은 정상 2회전 배차와 동일하며, 단지 요구시간에 대한 고려가 없고, 배차성공조건이 다르다는 것이다.

3.3 미배차 물량처리 알고리즘 설계

배차시 항상 문제가 되는 것은 미배차 물량의 처리이다. 이 같은 미배차 물량의 처리 때문에 배차 담당자의 조정작업 시간이 많이 필요하기도 하고, 차량 소요대수의 증가 요인이 되기도 한다. 미배차 물량 처리 알고리즘의 설계는 [그림 10]과 같이 미배차 물량을 기준으로 이미 배차된 차량 중에서 근거리에 있는 차량들로 아직 차량의 적재 용량까지 여유가 남아 있는 차량들을 선정하여 미배차 물량을 처리하도록 한다.



[그림 10] 미배차물량 처리 알고리즘 흐름도

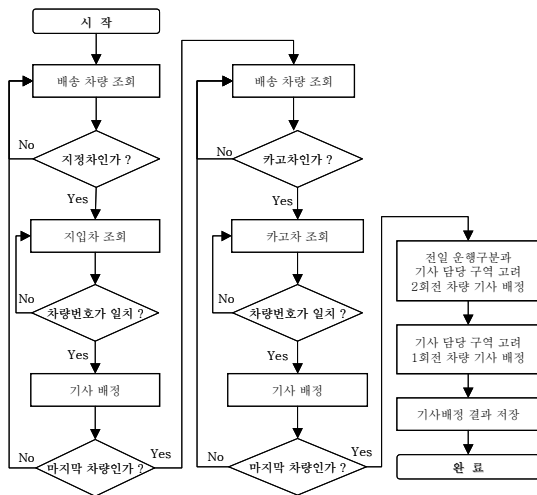
3.4 배차완료조건 알고리즘 설계

미배차 물량 처리까지 완료되면 지금까지의 배차결과가 종결조건을 만족하는지를 확인해야 한다. 만일, 임시차 배차 대수가 0보다 크고 지입차 소요대수가 당일 가능

지입차 대수보다 작다면, 지입차가 남았는데 임시차를 사용한 것이 되므로 임시차 필요대수 예측으로 Feed Back하여 예측된 임시차 대수를 1대 줄인 후 재배차를 수행하게 된다. 또한 가능 지입차에 대하여 모두 배차되고, 예측된 임시차 대수에 대해서도 배차되었는데도 배차물량의 합계가 배송 예정량보다 작다면, 차량이 부족한 것이므로 임시차 필요대수 예측 단계로 Feed Back하여 예측된 임시차 대수를 1대 늘인 후 재 배차를 수행하게 된다.

3.5 기사배정 알고리즘 설계

배차 종결조건을 만족하여 각 차량에 대한 배차 작업이 완료되면 [그림 11]과 같이 차량별로 적합한 배송기사를 배정하도록 한다. 배송기사 배정은 지입차에 한해서만 이루어지도록 설계하고, 임시차나 지원차는 매일매일 차량의 수급이나 배송기사에 대한 정보가 다르기 때문에 별도의 입력을 통해서 기사를 배정토록 설계한다. 또한 전일운행 구분과 배송 담당구역과 함께 앞에서 지정차량 배차와 탑차 진입불가 배차를 통해서 배차된 차량은 배송기사가 정해져 있으므로 해당 배송기사를 배정토록 한다. 기사 배정이 완료되면 배차작업이 완료되게 된다.



[그림 11] 기사배정 알고리즘 흐름도

4. 결론

대부분 기업의 물류정보 지원시스템은 상류의 관점에

서 설계되고 구축된 것이기 때문에 데이터 체계를 고려한 물류정보 지원시스템은 찾아보기 어려운 실정이다. 특히 고객과 가장 밀접한 관계가 있는 수·배송 지원시스템은 많은 현실 제약 문제 때문에 이를 해결할 수 있는 데이터 체계 설계가 구축되어 있지 않다. 또한 효율적인 배차를 위한 배차계획 알고리즘의 부재로 인하여 배차결과를 배차담당자가 장시간에 걸친 수작업 조정 작업에 의하여 배차를 완료하는 비효율적인 문제를 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 배차업무 중 수작업 조정 문제를 해결하기 위하여, 기초 데이터 체계의 설계를 통한 자동배차 지원시스템의 휴리스틱 알고리즘을 설계하였다. 향후 이러한 자동배차 지원시스템의 휴리스틱 알고리즘을 이용하여 현실적인 다양한 조건을 수용하는 수리적 모형을 개발하는 연구와 다목적 차량경로문제와 차량일정문제에 관한 연구가 병행되어야 하며, 주문 마감시간이 없는 전자상거래 상에서 동적모형을 지원하는 배차계획 해법 연구가 지속되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 노인규, 예성영(1996), 차량경로문제에 대한 휴리스틱 해법, 대한산업공학회지, 22(3), pp. 325-336.
- [2] 박양병, 송성현(1996), 구역 및 시간의존 차량스케줄링문제 : 차량속도 추정모델과 차량스케줄링 해법, 대한산업공학회지, 22(3), pp. 517-532.
- [3] 신재율, 임석철, 김내현, 이명호(1999), 최적 배차계획 수립을 위한 자동배차 시스템의 설계 및 개발, 대한설비관리학회지, 4(4), pp. 33-42.
- [4] 함승훈, 이문규(1999), GIS와 GPS를 이용한 배달/수거 물류관리시스템, 산업공학, 12(4), pp. 557-566.
- [5] Clarke, G. and J. Wright(1964), Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points, Operations Research, 12(4), pp. 568-581.
- [6] Dantzig, G. B. and J. H. Ramser(1959), The Truck Dispatching Problem, Management Science, Vol. 6, pp. 80-91.
- [7] Garey, M. R. and D. S. Johnson(1979), Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness, Freeman, San Francisco.
- [8] Lenstra, J. K. and A. H. G. Rinnooy Kan(1981), On

General Routing Problems," Networks, 6, pp. 273-280.

- [9] Lin and Kernighan(1973), An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling Salesman Problem, Operations Research, Vol. 21, pp. 498-516.

이 명 호



- 1984년 2월 : 아주대학교 산업공학과(공학사)
- 1986년 2월 : 아주대학교 대학원 산업공학과(공학석사)
- 2001년 2월 : 아주대학교 대학원 산업공학과(공학박사)
- 2002년 3월~현재 : 세명대학교 전

자상거래학과 부교수

- 관심분야 : 물류정보시스템, WAS 프로그래밍, 모니터링 시스템
- E-Mail : mhlee@semyung.ac.kr