

▣ 연구논문

자동차 지원시스템의 발견적 알고리즘 설계
- Design of Heuristic Algorithm of Automatic
Vehicle Delivery Support System

이 명 호 *
Lee, Myeong Ho
김 내 현 **
Kim, Nae Hun
신 재 율***
Shin, Jae Yuil

Abstract

Development of digital information and internet technology causes the changes of technology environments and companies, and the variety of customer needs has been dynamically changed in terms of integrating information system with customer satisfaction.

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. In addition, the performance of the algorithm developed in this study is evaluated through the case study.

1. 서론

디지털 정보와 인터넷 기술의 발달은 기업과 기술환경의 변화를 유발시켰고, 고객의 다양한 욕구는 점차 고객 만족과 정보 시스템 통합화로 역동적으로 변화되고 있다. 또한 공급자와 소비

* 대천대학 컴퓨터·전자·전기학부

** 아주대학교 기계·산업공학부

*** (주) 한샘

자간의 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 : Supply Chain Management)이 사업의 핵심역량으로 인식되고 있다. 또한 국내 기업들의 수·배송 업무의 합리화는 국내 기업 물류관리의 가장 중요한 과제중의 하나로 부각되고 있다.

대부분의 수·배송 연구는 차량경로문제 (VRP : Vehicle Routing Problem), 시간제약을 가지는 차량경로 문제 (Vehicle Routing Problem with Time Windows), 차량일정계획 문제 (VSP : Vehicle Scheduling Problem), 차량경로일정계획 문제 (VRSP : Vehicle Routing and Scheduling Problem) 및 시간대에 따른 차량경로 문제 등으로 연구되어 왔으며, Dantzig와 Ramser [10]에 의해 최초로 제기 되었다.

그러나 이와 같은 차량경로문제는 수리적으로 NP-hard[12] 이면서 NP-complete[13] 문제에 속하기 때문에 최적해를 찾을 수 있는 해법이 있다 하더라도 단시간 내에 최적해를 구하는 것이 불가능하므로 이 해법을 현실에 적용하기 어려운 실정이다. 또한 GIS(Geographic Information System)나 GPS(Global Positioning System)를 이용하여 편리한 사용자 인터페이스를 제공함으로써 수작업의 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 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 줄이면서, 우편중심 좌표를 이용한 차량별 근거리 그룹핑으로 자동배차 지원시스템의 경험적 알고리즘을 설계한다. 그리고 설계된 자동배차 지원시스템의 사례연구를 통하여 성능을 평가토록 한다.

2. 자동배차 지원시스템

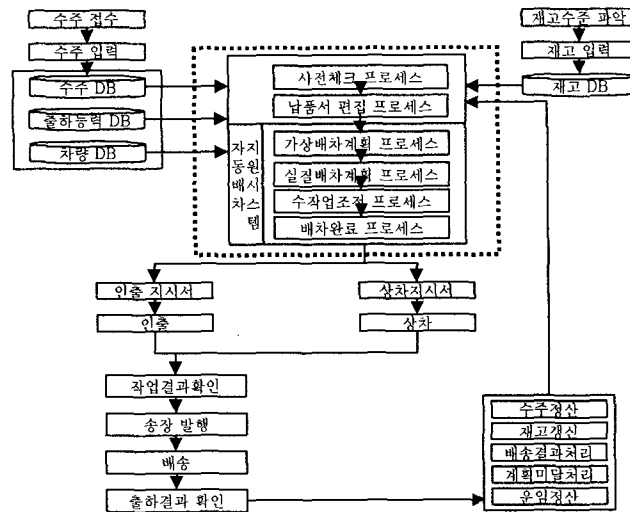
2.1 제약조건

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 현실의 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 물류센터내 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 물품을 오더 피킹, 상차하여 배송하게 된다.

2.3 발견적 알고리즘 흐름도

배송센터 내에서 자동배차 지원시스템의 발견적 알고리즘을 설계하기 위하여, 현실적인 제약조건에 따라 배송차량의 적재율과 정시 배송을 효과적이고 체계적인 방법으로 알려진 Seed Point 알고리즘[9][14]을 기초로 3단계 모델 구조 접근 방법으로 알고리즘을 설계토록 한다.

본 논문에서는 Seed Point 알고리즘을 기초로 하여 자동배차 지원시스템의 발견적 알고리즘을 설계하기 위한 흐름도는 <그림 2>와 같다.

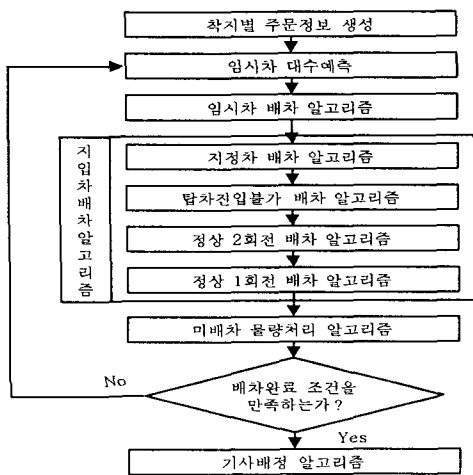
배차계획 지원시스템에서 자동배차 지원업무는 배송거래처에 대한 정보보다는 어디로 배송하는가에 대한 도착지에 대한 정보가 중요하기 때문에, 자동배차 지원시스템의 발견적 알고리즘을 설계하기 위한 첫 번째 단계는 <그림 3>과 같이 주문을 차지별로 주문정보를 생성한다.

3. 발견적 알고리즘 설계

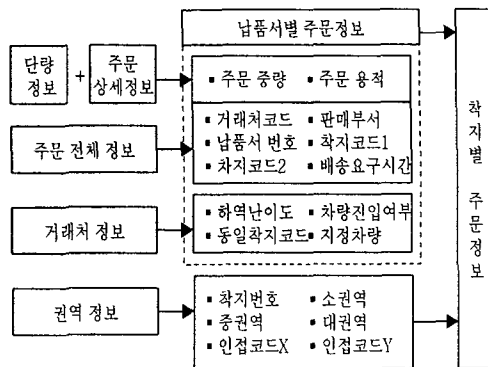
3.1 임시차 배차 알고리즘 설계

임시차는 비용적인 측면에서 많은 물량을 배송하는 것이 바람직하기 때문에 2회전 배차를 원칙으로 설계한다. 2회전 배차는 오전 배차와 오후 배차로 구분되며, 거래처의 배송요구시간과

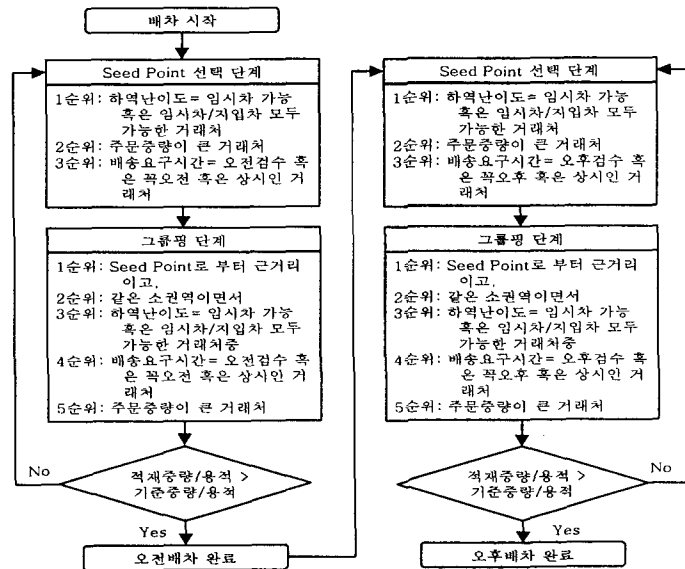
하역난이도를 고려하여 오전과 오후배차를 번갈아 가면서 수행되도록 설계한다. 임시차 배차의 발견적 알고리즘은 <그림 4>와 같이 총 물량으로부터 예측된 차량 대수와 운행 가능한 지입차의 수를 비교하여 필요한 임시차 대수의 초기값을 결정하고, 일단 결정된 수만큼의 임시차를 사용하여 배차를 시행한다. 배차가 완료된 후 주어진 차량이 부족하여 물량을 처리할 수 없는 경우 임시차의 수를 한대 증가시켜 배차를 다시 시행하게 되며, 만일 차량이 남는 경우에는 임시차의 대수를 한대 감소시킨 후, 배차를 다시 시행하는 작업을 반복함으로써 필요한 임시차를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



<그림 2> 자동배차 지원시스템의 발견적 알고리즘 흐름도



<그림 3> 착지별 주문정보 생성 흐름도



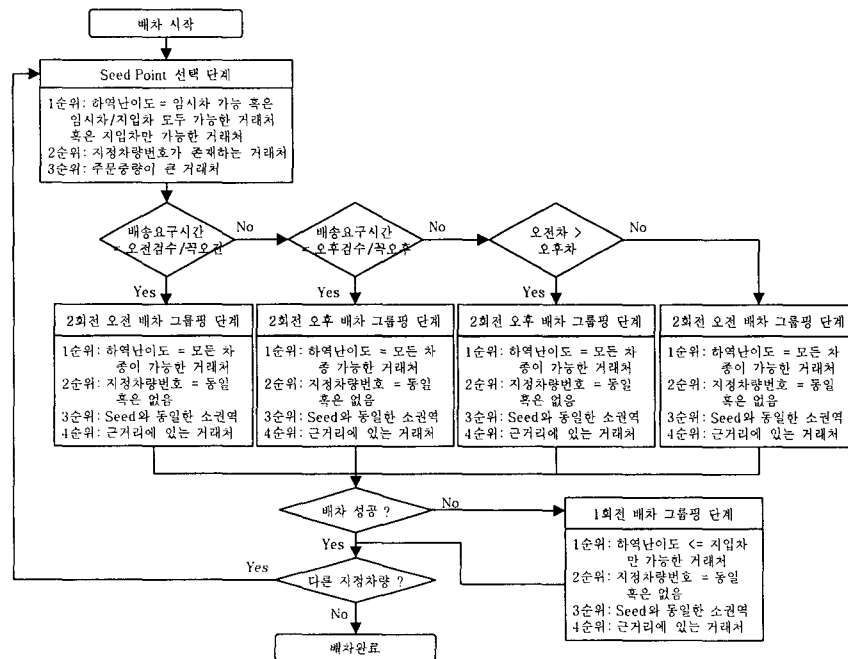
<그림 4> 임시차 배차 알고리즘 흐름도

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 해결 하도록 한다. 각 시간대별 배차 단계에서 동일 지정차량, 동일 시간대가 요구되는 거래처는 우선적으로 처리토록 설계한다.



<그림 5> 지정차 배차 알고리즘 흐름도

(2) 탑차 진입불가 배차 알고리즘 설계

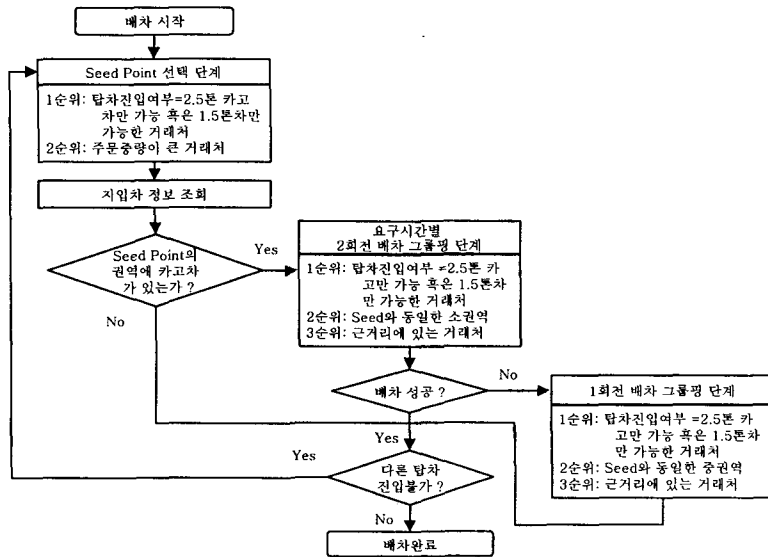
탑차 진입불가 배차 알고리즘의 설계는 지정차 배차 설계와 마찬가지로 차량 진입제한이 있는 거래처에 대한 배차를 먼저 수행함으로써 정상적인 거래처에 대한 배차를 손쉽게 처리할 수 있도록 한다. <그림 6>과 같이 Seed Point의 선택 기준은 탑차의 진입이 불가능한 거래처 중 주문중량이 큰 거래처가 될 수 있다.

Seed Point가 선정되면, 지정차와는 달리 먼저 지입차량 정보를 조회하여 Seed Point가 속한 소권역 내에 카고 차가 존재하는 가를 먼저 검색한다. Seed Point의 소권역 내에 카고 차가 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. 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 실패

패하게 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 꼭오전, 혹은 상시인 거래처 중 하역난이도에 상관없이 주문중량이 큰 거래처가 될 수 있다.



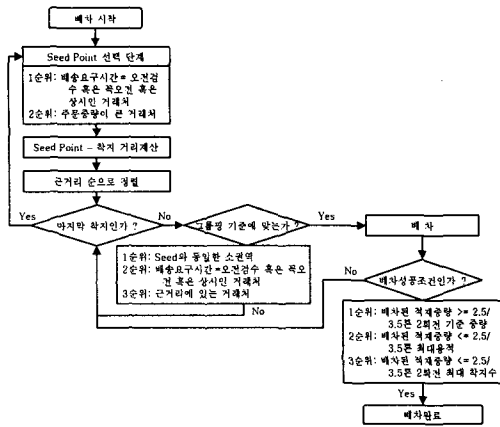
<그림 6> 탑차 진입불가 배차 알고리즘 흐름도

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.

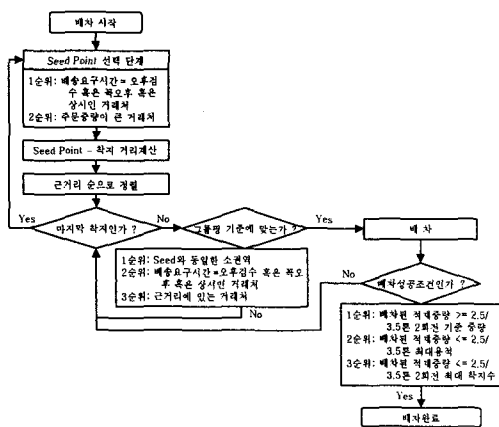
(4) 정상 1회전 배차 알고리즘 설계

1회전 차량은 소량의 주문을 가지는 여러 거래처들을 하루종일 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.



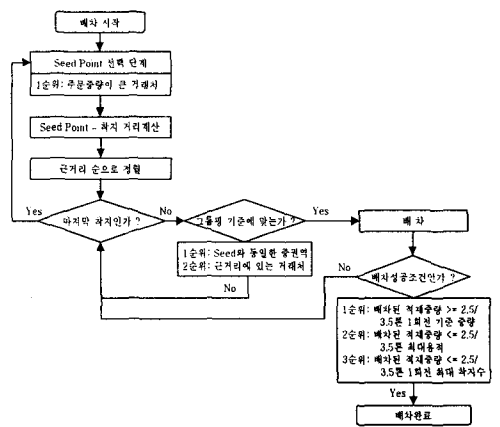
<그림 7> 정상 2회전 오전배차 알고리즘 흐름도



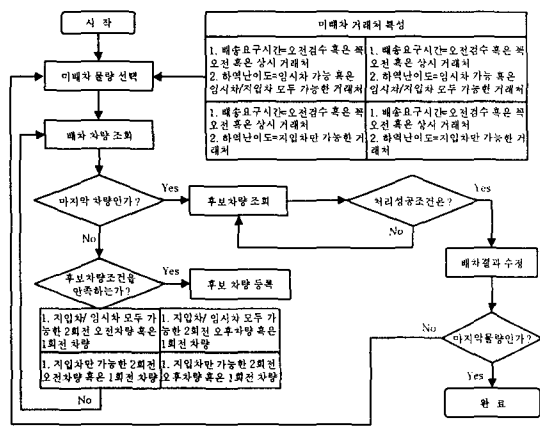
<그림 8> 정상 2회전 오후배차 알고리즘 흐름도

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 9> 정상 1회전 배차 알고리즘 흐름도



<그림 10> 미배차물량 처리 알고리즘 흐름도

3.4 배차완료조건 알고리즘 설계

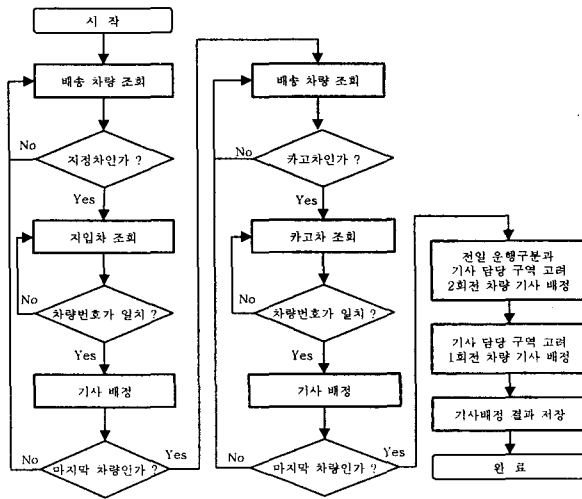
미배차 물량 처리까지 완료되면 지금까지의 배차결과가 종결조건을 만족하는지를 확인해야 한다. 만일, 임시차 배차 대수가 0보다 크고 지입차 소요대수가 당일 가능 지입차 대수보다 작다면, 지입차가 남아있는데 임시차를 사용한 것이 되므로 임시차 필요대수 예측으로 Feed Back하

여 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. 응용사례 연구

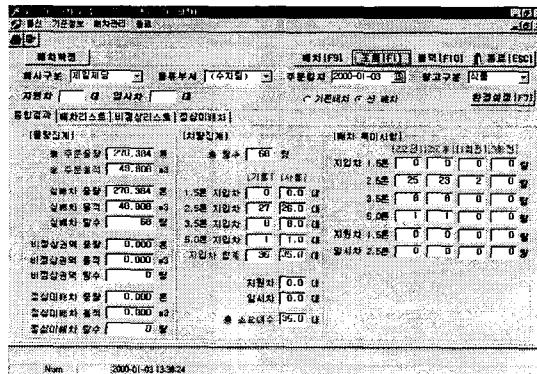
4.1 대상 시스템에 대한 고찰

A회사의 배차업무는 물류센터에서 주문데이터의 사전체크, 납품서 편집, 가상배차, 실질배차, 수작업 조정업무를 마친 후 배차계획 업무가 완료된다. A회사의 배차업무 흐름 중 각 업무 단계별 평균 소요시간은 주문처리 물량에 따라 조금은 차이가 있지만, 평균적으로 사전체크 업무는 5 ~ 10분, 납품서 편집 업무는 1분, 가상배차 업무는 1 ~ 2분, 실질배차 업무는 1 ~ 2분, 수작업 조정시간 업무는 2시간 ~ 2시간 30분 정도가 소요되고 있다. 응용사례 물류센터는 약 2000여 거래처를 담당하고 있으며, 1일 평균 300여 곳의 거래처로부터 주문이 접수되어 1일 평균 약 200톤의 물량을 배송하고 있다. 또한 모두 2.5톤 차량인 28대의 지입차를 보유하고 있으며, 그 중 15대는 탑(윙바디) 차량이고, 나머지 차량은 카고 차량이다. 지입차가 물량을 모두 소화하지

못하는 날에는 임시차를 1일 계약으로 수배하여 사용하는데, 임시차는 2.5톤 카고 차량을 수배한다. 2.5톤 차량은 최대 4.5톤, 9.0입방미터까지 적재할 수 있다.

4.2 자동배차 지원시스템의 구현

시스템 구현은 분산 객체 컴포넌트 모델을 지향하는 3-tiers 환경으로 구성하여 시스템을 구현하였다. 서버의 환경은 한글 윈도우즈 NT 4.0 운영체제 하에서 미들웨어로는 텍시도 6.4를 트랜잭션 서버를 두고 데이터베이스 엔진으로는 Oracle 8.x를 사용하였다. 클라이언트 환경은 한글 윈도우즈 98 운영체제 하에서 개발 툴은 Delphi 4.0을 이용하였다. 다음 <그림 12>은 자동배차 지원시스템의 발전적 알고리즘 설계 방법으로 구현된 종합 결과 조회 화면을 보여준다.



<그림 12> 자동배차 지원시스템의 종합결과 화면

4.3 결과 분석

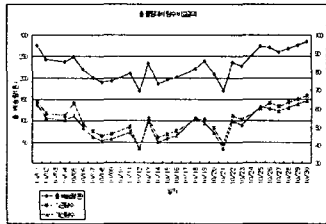
응용사례에서의 데이터는 <표 1>과 같이 A회사의 배송센터에서 '99년 10월 1일부터 99년 10월 30일 사이의 실주문 데이터를 사용하여 분석한 결과를 나타내었다.

<표 1> 일별 실주문 데이터 및 결과표

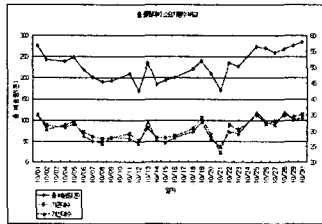
구분	일자	10/01	10/02	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08	10/09	10/11	10/12	10/13	10/14	10/15
총 배차량 (톤)		276.8	243.17	238.73	249.00	219.53	200.87	189.69	193.30	210.34	169.10	234.27	185.21	194.75
건수 (탕)	기존탕수	64	57	57	63	51	48	45	46	50	38	55	44	46
	개선탕수	62	55	54	56	50	45	43	44	47	39	53	41	44
소요 대수	기존대수	35	32	31	32	30	28	28	28	29	27	31	28	28
	개선대수	35	31	32	33	28	27	26	28	28	26	33	27	26
평균 적재율	기존적재율	4.33	4.23	4.19	3.95	4.27	4.18	4.17	4.17	4.19	4.45	4.28	4.18	4.20
	개선적재율	4.46	4.45	4.42	4.45	4.42	4.48	4.46	4.44	4.45	4.34	4.43	4.52	4.46

일자		10/16	10/18	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/25	10/26	10/27	10/28	10/29	10/30
총 배수량 (톤)		201.69	221.30	240.00	209.29	171.20	236.27	227.97	273.40	270.80	259.94	268.59	277.07	285.34
건수 (탕)	기존탕수	49	54	54	50	41	56	54	60	63	61	63	65	67
	개선탕수	45	55	52	47	38	53	51	61	60	59	62	64	67
소요 대수	기존대수	28	31	34	29	23	32	31	35	33	33	35	34	35
	개선대수	28	30	33	28	25	30	29	36	33	32	36	34	34
평균 적재율	기존적재율	4.12	4.10	4.44	4.22	4.18	4.23	4.22	4.56	4.30	4.24	4.25	4.25	4.25
	개선적재율	4.45	4.02	4.62	4.46	4.51	4.45	4.45	4.48	4.51	4.41	4.33	4.33	4.26

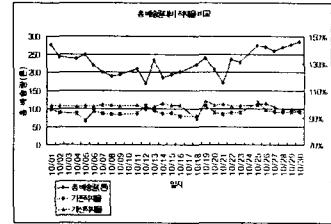
다음의 <그림 13>, <그림 14>, <그림 15>는 숙련된 배차담당자가 수행한 결과와 본 연구에서 발견적 알고리즘으로 설계한 결과 값을 총 물량대비 일별 배차탕수 비교, 총 물량대비 차량 소요대수 비교, 총 물량대비 차량 평균 적재율을 비교하여 나타내었다. 그림에서 보는 것과 같이 배차 숙련자의 배차 결과 값과 본 연구에서 제안한 개선 배차결과 값은 매우 흡사하게 나타났다.



<그림 13> 총 물량대비 탕수 비교결과



<그림 14> 총 물량대비 소요대수 비교결과



<그림 15> 총 물량대비 적재율 비교결과

본 연구에서 사용한 데이터가 배차담당자의 배송업무 실적이 매우 좋았다는 것을 감안할 때, 본 연구에서 설계된 시스템의 배차 효율이 매우 좋다는 것을 알 수 있다. 그리고 배차담당자가 평균 2시간 ~ 2시간 30분이 소요되는 수작업 조정 작업을 단 몇 분내에 이러한 결과 값을 유지하게 함으로써 배차업무를 2시간 이상 대폭 단축하여 주문 마감시간을 연장하여 고객 서비스 향상과 영업력 제고에 크게 기여할 수 있다.

5. 결론

대부분 기업의 물류정보 지원시스템은 상류의 관점에서 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 배차 결과를 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 발견적 알고리즘을 설계하였고 이러한 기초 데이터 체계와 발견적 알고리즘이 연동하는 자동배차 지원시스템을 구축하였다. 또한 응용사례를

통하여 3자 물류전문업체에 적용해본 결과 전체적으로 높은 배차효율을 유지하면서 배차업무 중 수작업 조정에 필요한 시간을 획기적으로 단축할 수 있음을 보였다.

향후 이러한 자동배차 지원시스템의 발견적 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.

참고문헌

- [1] 노인규, 예성영, "차량경로문제에 대한 발견적 해법", *대한산업공학회지*, Vol. 22, No. 3, pp. 325~336, 1996.
- [2] 박양병, 송성현, "구역 및 시간의존 차량스케줄링문제 : 차량속도 추정모델과 차량스케줄링 해법", *대한산업공학회지*, Vol. 22, No. 3, pp. 517~532, 1996.
- [3] 신재울, 임석철, 김내현, 이명호, "최적 배차계획 수립을 위한 자동배차 시스템의 설계 및 개발", *대한설비관리학회지*, Vol. 4, No. 4, pp. 33~42, 1999.
- [4] 함승훈, 이문규, "GIS와 GPS를 이용한 배달/수거 물류관리시스템", *산업공학*, 제12권, 제4호, pp. 557~566, 1999.
- [5] 황우형, 신재울, 임석철, 김내현, "최적 배차계획 수립을 위한 경험적 방법", *대한설비관리학회지*, Vol. 3, No. 2, pp. 151~159, 1998.
- [6] 황홍석, "일반거리산정방식을 이용한 다-물류센터의 최적 수송경로 계획 모델", *산업공학*, 제11권, 제1호, pp. 85~95, 1998.
- [7] Bodin, L. and B. Golden, "Classification in Vehicle Routing and Scheduling," *Networks*, 11(2), pp. 97~108, 1981.
- [8] Christofides, N. and S. Eilon, "An Algorithm for the Vehicle Dispatching Problem," *Operational Research Quarterly*, Vol. 20, No. 3, pp. 309~318, 1969.
- [9] Clarke, G. and J. Wright, "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points," *Operations Research*, Vol. 12, No. 4, pp. 568~581, 1964.
- [10] Dantzig, G. B. and J. H. Ramser, "The Truck Dispatching Problem," *Management Science*, Vol. 6, pp. 80~91, 1959.
- [11] Dionyssios Filippas and A. M. Walker, "Supply Chain Management: A New Science or the Need for Change?," *Proceeding of the 1999 International Conference & Exhibition*, pp. 58~69, 1999.
- [12] Garey, M. R. and D. S. Johnson, "Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness," Freeman, San Francisco, 1979.
- [13] Lenstra, J. K. and A. H. G. Rinnooy Kan, "On General Routing Problems," *Networks*, 6, pp. 273~280, 1981.
- [14] Lin and Kernighan, "An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling Salesman Problem," *Operations Research*, Vol. 21, pp. 498~516, 1973.
- [15] Fisher, M. L. and R. Jaikumar, "A Generalized Assignment Heuristic for Vehicle Routing," *Networks*, Vol. 11, pp. 109~124, 1981.
- [16] Peter Gilmour, "Benchmarking Supply Chain Operations," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 5, No. 4, pp. 259~266, 1999.