

모바일과 연동된 화물운송 최적 스케줄링 시스템

손호용* · 김범연* · 최은지* · 하동경* · 신옥근**

한국해양대학교 IT공학부

Optimal Scheduling System for Freight Transport with Mobile Communication

Ho-Yong Son · Bub-Yun Kim · Eun-Ji Choi · Dong-Gyung Ha · Oh-Keun Shin.

Division of Information Technology, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요약 : 물류에서 큰 비중을 차지하는 화물운송을 보다 효율적으로 처리하기 위한 방법 중의 하나로 정보화 시대에 발맞추어 모바일을 이용한 화물운송 최적 스케줄링 시스템을 제안한다. 제안한 방법에서는 화물운송에 있어 가장 큰 문제인 공차운행을 최소화하기 위하여 출발지와 목적지 간의 조합에 대한 최적의 화물운송 스케줄을 도출해 낼 수 있도록 여러 알고리즘들을 적용하였다. 또한 화물운송 스케줄의 성능을 좀 더 향상시키기 위한 방안으로 모바일 장치를 이용하여 화물에 대한 정보와 스케줄 정보를 화물운송 제어 시스템과 화물 운송차 간에 공유할 수 있는 시스템을 제안하였다. 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안한 화물운송 최적 스케줄 시스템의 성능을 실험한 결과, 제안한 시스템을 사용할 경우 1경로 배송에 비하여 시간 대비 35%, 총비용 대비 14.8%가 절감되는 것으로 나타나 제안한 방법이 효율적임을 확인하였다.

핵심용어 : 모바일, PDA, 화물운송, 배차, 최적스케줄링

ABSTRACT : We propose one of the ways to deal with freight transport efficiently which occupies quite large portion in distribution, and is called is freight transport optimal scheduling system based on mobile communication. In this proposition, we adopt a few algorithms that operators can derive the best freight transport schedule from the combination between departure point and destination point to minimize empty car operating considered as the most serious problem in freight transport. In addition, as a plan to improve the capacity of freight transport schedule much better, we present a system to share freight data and schedule information between freight transport control system and freight transporter with mobile devices. We examine the capacity of freight transport optimal scheduling system through computer simulation, and we show that the proposed system can save 35% of time and can reduce 14.8% of total cost comparing with one-path transport. Consequently, we can confirm the efficiency of the propose system.

KEY WORDS : Mobile Communication, PDA, Freight Transport, Truck Scheduling, Optimal Scheduling System

1. 서 론

무한경쟁의 시대에서 기업들은 생존과 더 많은 이윤을 추구하기 위하여 고품질, 저비용, 고객 서비스 향상들에 대하여 끊임

없는 노력을 하고 있다. 그 결과 기술향상을 통한 고품질과 효율적인 제조공정을 통한 원가절감 등은 거의 한계에 다다른 상태이다. 이렇게 기업 내부에서의 효율화가 한계를 드러내자, 나머지 비용을 절감할 수 있는 영역인 물류 방면에 관심을 가

* nestor7@hanmail.net
* dash1984@nate.com
* momohirit@nate.com
* hadg@hhu.ac.kr
* okshin@hhu.ac.kr

지게 되었고, 좀 더 효율적인 물류관리를 위하여 최근에는 외주 물류에서 모든 물류관리를 전담하게 하는 제삼자 물류가 주류를 이루게 되었다. 하지만, 물류사업자의 폭발적인 증가와 고유가, 고임금 등으로 인하여 국내의 물류환경은 갈수록 악화되고 있다. 이러한 물류환경의 악화로 인해 나타난 문제점들 중 물류업체가 겪는 큰 어려움이 공차운행이다. 공차운행은 목적지에 물품을 운송한 화물차가 다시 복귀할 때 물품을 싣지 못하고 되돌아오는 경우로, 많은 비용 누수가 발생하여 물류업체의 채산성을 악화시키는 요인이 된다. 화물운송 스케줄링 문제는 차량경로문제(The Truck Dispatching Problem)[1]을 시작으로, 자동배차 알고리즘(Seed Point Algorithm)[2]이나 교통 환경을 적용한 차량배차[3], GPS(Global Positioning System), GIS(Geographic Information System)를 이용한 방법 등 연구가 활발히 이루어지고 있고, 동적인 교통상황이나 세부적인 지리조건을 적용을 위해 지속적으로 개선되고 있다.

본 논문에서는 모바일 기기를 이용해 화물의 현재 위치를 알려줄 수 있는 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 화물의 현재 위치를 화물운송기사가 특정지역에 도착 시 모바일기기를 이용해 현재 위치를 보고하고 화물수신자도 모바일 기기를 이용해 그 정보를 알아볼 수 있는 형태로 구성하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 화물을 운송하기 위한 계획을 세우는 최적 스케줄링 알고리즘에 대하여 설명하고, 3장에서 모바일 기기와 연동하는 법에 대하여 설명하며, 4장과 5장에서 기초데이터를 제안한 시스템에 적용하여 모의 실험한 결과를 보인다.

2. 최적 스케줄링 알고리즘

화물운송을 최소비용으로 수행하기 위해 본 논문에서는 최단경로 알고리즘(Shortest Path Algorithm), 최소신장트리 알고리즘(Minimum Spanning Tree Algorithm), 그래프 순회 알고리즘(Graph Search Algorithm)을 적용하여 시스템을 구성하였다.

2.1 최단경로 알고리즘

최단경로 알고리즘은 시작지점에서 화물이 운송되어야 할 각 도착지에 대한 경로를 추출하기 위해 사용된다. Fig. 1은 알고리즘을 사용하여 최단경로가 추출된 결과를 보여준다. 서울에서 운송해야 할 화물의 목적지가 부산, 광주, 대구, 대전이라고 할 때, 서울에서 부산의 최단경로는 서울, 대전, 대구, 부산의 경로가 나온다. 이런 식의 모든 경로의 합집합을 구하면 Fig. 1과 같은 그림이 나온다. 최단경로 알고리즘의 하나인 다익스트라 알고리즘(Dijkstra's Algorithm)은 음의 가중치를 처리하지 못하는 반면 속도가 매우 빠른 특징을 가진다[4]. 제안한 시스템에서는 그래프에 음의 가중치가 없고 간선의 개수가

많은 반면 정점의 개수가 비교적 적기 때문에 다익스트라 알고리즘을 사용하였다.

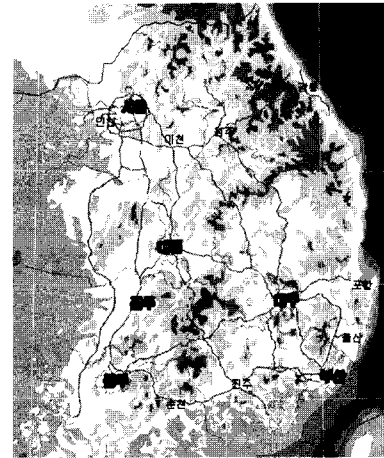


Fig. 1 Sampling shortest path

2.2 최소 신장트리 알고리즘

최소 신장트리 알고리즘은 앞서 구한 최단경로 알고리즘에서 추출된 경로정보 간의 간선정보로 구성되는 그래프를 입력 값으로 가진다.

Fig. 2는 추출된 경로에 대한 최소신장트리를 구성한 그림이다. 기존의 그래프는 광주, 대구간의 간선과 전주, 대구간의 간선이 포함되지만, 최소신장트리를 구성하면 그래프에 사이클이 없어지고 트리의 형태로 만들어진다.

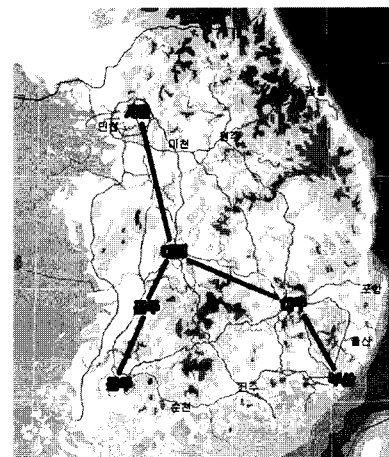


Fig. 2 Sampling Minimum Spanning Tree

최소 신장트리 알고리즘 중 프림 알고리즘(Prim's Algorithm)은 다소 복잡하지만 사이클 여부를 검사하는 부분이 필요 없으며, 크루스칼 알고리즘(Kruskal's Algorithm)은 다소 단순하지만 사이클 여부를 검사해야 한다[4]. 제안한 시스템은 그래프의 자료구조 형태가 행렬구조이기 때문에 시간복잡도를 감

안하여 프립 알고리즘을 사용하였다.

2.3 그래프 순회 알고리즘

그래프 순회 알고리즘의 하나인 DFS(Depth First Search)에 프립 알고리즘을 이용하여 구한 최소신장트리를 입력하면 트리의 각 단말노드에서 합산된 정보를 볼 수 있다[5]. 이 정보를 이용하여 출발지에서 목적지까지의 비용정보를 산출한다.

2.4 비용정의

제안한 시스템을 평가하기 위한 기준으로 본 논문에서는 시간과 거리를 고려한 비용을 다음과 같이 정의하였다.

2.4.1 단위가 '통화(원)'인 비용 요소

비용 중에 돈으로 계산할 수 있는 요소는 기름 값(Oil Price)과 도로통행료(Toll)이다. 기름 값은 연비가 리터당 9.0km를 가는 차량을 기준으로 하였다.

Table 1은 연비에 따른 기름 값 증가를 나타낸 것이다. 각 톤수 별로 해당하는 기름 값들을 배차가 될 경우에 부가 계산하도록 구현하였다.

Table 1 Fuel efficiency

1.0톤 : 1L 당	9.0Km	100%
2.5톤 : 1L 당	7.0Km	130%
3.5톤 : 1L 당	6.8Km	150%
4.5톤 : 1L 당	4.8Km	180%
5.0톤 : 1L 당	4.5Km	200%

2.4.2 단위가 '거리(km)'인 비용 요소

본 논문에서는 비용의 단위를 통일시키기 위하여 거리(Distance)에 대한 비용을 Table 2의 비용환산표를 이용하여 계산하였다.

Table 2에서 1km당 117.5원의 데이터는 데이터베이스의 기름 값과 거리의 비례식에서 나오는 평균치이다.

Table 2 Change of Cost

1km 당 117.5원
80km/h 로 계산 → 분당 1.33km

2.4.3 단위가 '시간(min)'인 비용 요소

시간에 대한 비용도 Table 2를 이용하여 환산한다. 시간대이터는 차량이 80km/h로 운행시의 걸린 시간이므로 1분은 1.33×117.5원이라는 값이 나온다. 같은 거리에 대해서는 시간비용을 고려하면 교통체증과 같은 경우에 최종 비용은 달라질 수

있다. 위와 같은 과정으로 나온 시스템에서 정의된 비용을 계산하면 다음과 같다.

$$\text{Cost} = \text{Oil Price} + \text{Toll} + (\text{Distance} \times 117.5) + (\text{Minute} \times 1.33 \times 117.5)$$

3. 모바일 기기 연동

3.1 모바일 연동

데스크탑 PC와 모바일기기를 연동하는 방법은 Fig. 3에 나타난 것과 같이 크게 두 가지로 나뉜다. 먼저 흔히 쓰이는 방법은 데스크탑 PC에 소켓서버를 구성하여 모바일기기가 클라이언트가 되어 접속하는 방법이다. 데스크탑 PC상에서 데이터베이스에 접근할 수 있는 부분을 만들고, 모바일기기에서는 소켓의 Client부분을 구성한 다음 키워드를 소켓 서버를 통해 보내주면 그 키워드로 데스크탑에서 데이터베이스로 쿼리를 보내는 형식이다. 다른 한 가지 방법은 모바일 기기에서 직접 데이터베이스로 접근 하는 방법이다. 이 방법은 PDA프로그래밍을 할 경우 C#을 이용 하게 되면 SQL Server에 직접 접근할 수 있는 객체가 있어, 그 객체를 이용해 접근할 수 있다[6]. 이는 ADO.NET을 이용한 방법으로 그에 속한 네임스페이스는 다음과 같다[7].

1. System.Data
2. System.Data.Common
3. System.Xml
4. System.Data.SqlClient

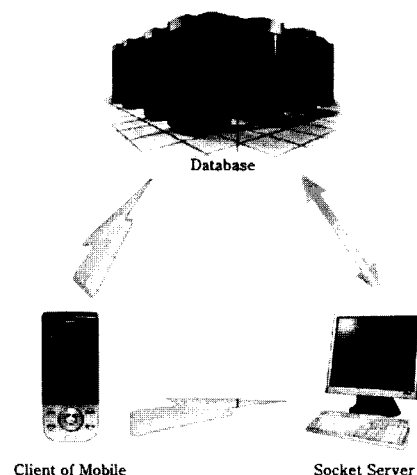


Fig. 3 Connected Host with Mobile Communication

위와 같은 객체를 이용하여 구성한 시스템은 비연결형 데이터 아키텍처, XML과의 강력한 통합, 다양한 데이터 소스와 데이

터의 통합을 통한 일반적인 데이터의 표현, 데이터베이스와 상호 작용하기 위한 최적화된 기능 등 .NET Framework의 모든 기본기능을 충족한다[7].

4. 기초 데이터

제안한 시스템으로 화물운송에 대한 최적의 스케줄링을 구하기 위해서는 다음과 같은 기본데이터들로 구성된 데이터베이스를 먼저 구축하여야 한다.

4.1 화물정보 데이터

화물정보는 송, 수신자의 이름과 무게, 상태, 차량번호, 화물일련번호의 속성을 가진다. 화물을 효과적으로 처리하기 위해서는 화물의 많은 속성을 유지하면 좋지만, 테이블의 속성들이 너무 많아지는 단점이 있다. 본 논문에서는 많은 속성들을 효과적으로 관리하기 위해 여러 속성들 중 개별적인 속성 6개를 Table 3과 같이 '-'로 연결하여 하나의 화물일련번호 필드로 통합하여 표시하였다.

Table 3 Initial of Freight Information

<ul style="list-style-type: none"> ▪ 배송등급 - 파손등급 - 출발지 - 도착지-접수날짜-번호
Ex) A-A-SEL-BUS-07/10/10-001

화물상태정보는 Table 4와 같이 4가지로 나뉜다. 배송대기 상태에 있는 화물이 화물스케줄링 알고리즘의 입력대상이 되고 실제 화물운송도 배송대기 상태의 화물을 배송하게 된다. 배송 중인 화물은 차량번호정보를 가질 수 있고 그 정보를 통해 고객들은 화물의 현재위치를 모바일 기기를 통해 알 수 있게 된다. 배송완료대기의 화물정보는 배송이 완료된 시점부터 2주간 데이터가 유지된다.

Table 4 State of Freight

▪ 접수대기 - Mobile을 통한 접수 상태
▪ 배송대기 - 신청된 화물이 운송장에 위치
▪ 배송중 - 화물이 이동 중
▪ 배송완료대기 - 반품 등의 대기 시간

4.2 차량정보 데이터

차량정보 데이터 중 현재 상태 정보는 운행중, 대기중, 정비중의 3가지 상태를 나타낸다. 운행중은 차량이 화물운송중이라 타 화물을 적재할 수 없는 차량임을 나타내고, 대기중 상태는 화물운송장에서 운송을 위하여 대기하는 상태이고 스케줄링

의 입력대상이 된다. 정비중은 차량이 정비 및 기타 이유로 인해 화물운송을 할 수 없는 상태를 나타낸다.

4.3 지역정보 데이터

시스템에서 사용될 지역정보 코드는 Table 5와 같이 세자리의 영문으로 표기한다.

Table 5 City code

코드명	지역	코드명	지역
SEL	서울	JJJ	진주
BUS	부산	JUJ	전주
DGU	대구	SWN	수원
DJN	대전	CJU	충주
GWJ	광주	KNG	강릉
INC	인천	PHG	포항
ULS	울산	SUC	순천

4.4 기타 데이터

기타 데이터로는 지역 간의 통행도로의 정보를 담은 간선 정보 데이터와 모바일기에서 접속을 위해 필요한 사용자 정보데이터가 있다.

5. 최적 스케줄링 시스템의 구현 및 적용

5.1 사용언어 및 개발 Tool

데스크탑 PC상에 있는 최적스케줄링 시스템은 Windows XP운영체제 기반 하에 언어 C#을 사용하였고 Visual Studio 2005 개발 툴을 사용하여 구현하였다. 모바일 프로그램은 PDA 기반의 프로그램을 구성하기 위하여 PocketPC 2003을 사용하고 Visual Studio 2005를 사용하여 개발하였다. 테스트는 PocketPC 2003 에뮬레이터를 사용하고 최종 테스트는 실제 PDA에 심어 실행하였다. 데이터베이스는 SQL Server 2005로 구축하였다.

5.2 기능 및 성능

5.2.1 화물 및 차량 검색/입력

현재 운송해야 할 화물을 검색할 수 있으며, 또한 운송할 화물에 대한 정보를 입력할 수 있고, 현재 차량의 상태 및, 정비 날짜, 운전기사의 이름과 경력 등을 검색할 수 있다.

5.2.2 모바일/화물 접수

고객이 PDA를 이용하여 화물운송회사에 직접적으로 화물 접수를 할 수 있으며, 고객은 화물 상태가 접수대기 중인 물품에 대해서는 접수 취소를 할 수 있다. Fig. 4는 모바일기에 고객이 접속 시 현재위치를 알 수 있는 형태이다. 미출발물품 정보는 출발 하지 않은 정보이며, 배송물품은 기사가 현재 위치를 보고하면 현재위치를 볼 수 있다.

5.2.3 모바일/위치보고, 추적

화물운송 기사가 해당 화물의 위치나 배송 완료 상태를 모바일로 전송 하게 되면, 이를 DB에 저장하며 고객의 요청 시에 해당 정보를 제공한다. Fig. 4와 같이 기사는 접속 후 차량에 대하여 현재위치를 수정할 수 있는 형태로 구성되어 있다. 저장된 정보를 통해 고객은 자신이 배송을 요청한 화물에 대해서 웹페이지뿐 아니라 PDA로도 화물의 배송상태와 현재의 위치를 알 수 있다.



Fig. 4 Location information can be known through mobile communication

5.2.4 최적 스케줄링

화물운송기사는 화물 각각의 출발지와 목적지에 대해 화물 배송 지역 간의 거리와 무게, 비용 등을 고려하여 최적화된 경로와 배차를 받아 볼 수 있다.

Fig. 5는 스케줄링 화면을 나타내고 있다. 수행결과로 상단 리스트박스와 하단 리스트박스에 정보가 담기는데 상단에는 배송방법의 종류가 출력되고, 하단 리스트 박스에는 해당 방법에 대하여 각 차량이 운행하게 될 경로를 나타낸다. 경로를 클릭하면 해당 경로에서 처리될 화물량이 좌측 지도에 표시된다. Fig. 5에서 나타난 화면은 배차작업까지 끝낸 형태로, 배차작업이 끝나면 어떤 차량이 배차되었는지 알려주고, 소켓 서버를 통해 타 영업소로 차량운행 정보를 전송한다.

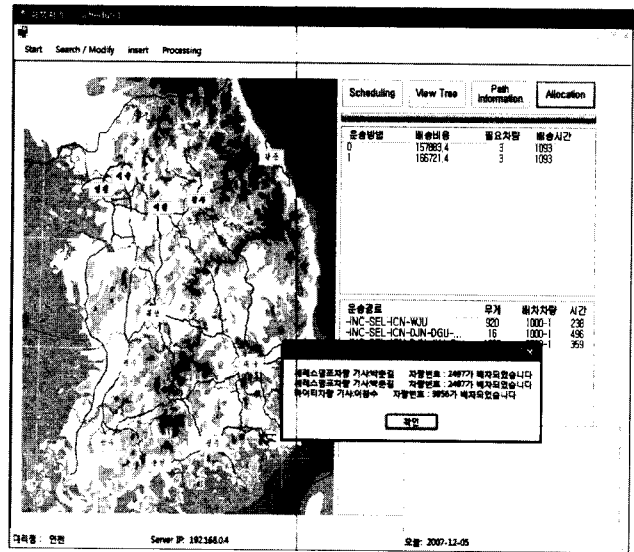


Fig. 5 A scheduling result can be accessed via desktop

5.3 최적 스케줄링 알고리즘 적용 및 결과

5.3.1 실험방법

본 논문에서 제안한 시스템의 성능을 평가하기 위한 데이터를 적용함에 있어 다음과 같은 상황을 고려하였다.

1. 항공, 항만의 수단을 제외한 도로운송만을 고려한다.
2. 운송량은 5톤 이하로 제한한다.
3. 출발지와 목적지는 주요 14개 행정구역을 기준으로 한다.

실험 시 입력 값은 (1)서울에서 대구와 부산에 각각 500kg의 운송화물이 있는 경우, (2)서울에서 대전, 대구, 부산, 전주, 광주에 운송화물이 총 2000kg를 균등하게 주었을 경우, (3)포항에서 울산, 부산, 진주, 순천, 광주, 대구, 대전, 서울에 2000kg를 균등하게 주었을 경우로 가정하였다. 실험방법은 한 가지 운송경로로 차량 1대를 배차하여 운송하는 경우와 최적스케줄링 알고리즘에 맞게 운송계획을 세워 운송하는 경우를 비교하였다. 비용은 2.4절에서 정의한 비용을 적용하였다.

5.3.2 실험결과 및 결과 분석

Fig. 6은 시간에 대한 실험결과를 나타낸 것이다. 서울-대구, 서울-부산 경로일 경우 최적스케줄링의 결과도 한 가지 경로의 결과를 내기 때문에 1대 배차의 경우와 걸리는 시간이 같다. 하지만 경로가 많아져 트리의 노드들이 많아지면 서울-부산, 서울-광주 경로나 포항-서울, 포항-순천 경로처럼 시간차이가 나게 된다. 제안한 시스템에서 제시한 스케줄을 사용한 경우 시간비용적인 측면에 있어 평균 35%의 상대적인 비용절감 효과를 얻을 수 있었다.

6. 결 론

[시간]

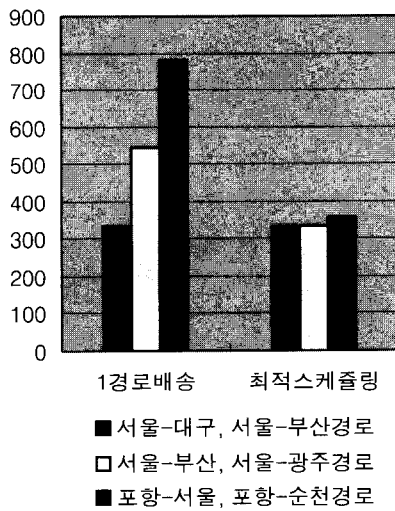


Fig. 6 Time resulted from optimal scheduling

[총 비용]

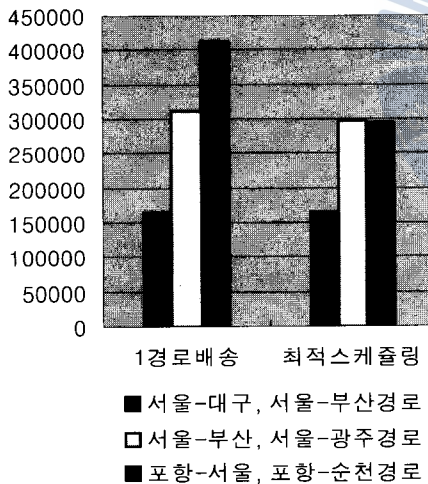


Fig. 7 Total cost resulted from optimal scheduling

배차가 다수이면 시간비용이 줄어드는 것은 당연하지만 다수의 배차에 의한 비용이 더 커져 전체비용은 더 늘어날 가능성이 있다. Fig. 7은 2.4절에서 정의한 총비용을 구하여 나타낸 것이다. 총비용 결과는 최악일 때 1경로배송의 비용과 같지만 평균 14.8%의 상대적인 비용 절감 효과를 가진다. 제안한 시스템은 최단경로검색이나 최소신장트리 알고리즘 수행 시 가중치를 비용으로 계산하기 때문에 비용에 대하여 최적의 운송트리를 구해 주기 때문이다.

많은 양의 화물을 운송할 때 본 논문에서 제안한 시스템을 이용하여 구한 스케줄을 사용하면 많은 비용절감을 가져 올 수 있을 것이라고 기대된다. 화물을 운송하는 경로가 시내와 같은 복잡한 도로망일 경우 동적인 요소가 많이 발생하기 때문에 본 시스템을 적용하기가 용이하지 않지만, 모바일 통신망이 구축되어 시 이상의 행정구역 또는 국가 간의 화물 운송에 본 시스템을 적용하면 국가 혹은 전 세계를 그래프로 구성해 화물을 최적의 계획으로 운송할 수 있는 결과를 얻을 수 있을 것이다. 제안한 시스템의 모바일 연동 부분에 GPS 정보를 이용하도록 하고, 또 서버의 호출에 자동으로 응답할 수 있는 클라이언트 프로그램을 개발하여 접속시키면 보다 나은 성능의 스케줄링이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] G. B. Dantzig and J. H. Ramser : "The Truck Dispatching Problem", Management Science Vol. 6, 1959
- [2] 신재을 김내현, 임석철, 이명호 : "최적 배차 계획 수립을 위한 자동 배차 시스템의 설계 및 개발", 아주대학교
- [3] 박양병, 송성현 : "구역 및 시간의존 차량스케줄링문제 : 차량속도 추정모델과 차량스케줄링 해법", 대한산업공학회 1996
- [4] Anany Levitin : "Introduction to The Design & Analysis of Algorithm", Addison Wesley, 2003
- [5] Ellis Horowitz, Sartaj Sahni, Susan Anderson-Freed : "Fundamentals of Data Structure in C" pp. 191-352, Scitech media, 1993
- [6] 안원국 : "C#.Net Mobile Programming", 영진닷컴, 2005
- [7] 류길수, 성창규, 박종일 : "모바일 프로그래밍 실습" pp. 239-301, 다솜출판사, 2006

원고접수일 : 2008년 1월 4일

원고채택일 : 2008년 1월 23일