

배차계획을 위한 대화형 의사결정지원시스템

박양병* · 홍성철*

An Interactive Decision Support System for Truck Dispatching

Yang-Byung Park* · Sung-Chul Hong*

■ Abstract ■

Truck dispatching is one of the most commonly occurring problems of transport management. We developed an interactive decision support system named IDSSTD, for the truck dispatching problem where two conflicting objectives are treated and travel speed varies depending on the passing areas and time of day. The IDSSTD aids the decision-making process by allowing the user to interact directly with the database, to direct data to a decision model, and to portray results in a convenient form. The IDSSTD is consisted of two major interactive phases. The pre-scheduling interactive phase is to reduce the complexity of a given problem before applying the BC-saving heuristic algorithm and the post-scheduling interactive phase is to improve practically the algorithmic solution. The IDSSTD has the capabilities of its own manipulation (analysis and recommendation) and diverse graphic features in order to facilitate a user's interaction.

I. 서론

국내기업의 수·배송비는 총 물류비에서 70% 이상을 차지하고 있으며, 수·배송비중 육상수송비가 2/3 정도를 차지하여 가장 높은 것으로 나타나 있다. 따라서 수·배송비를 줄이고 고객서비스를 개선하기 위하여 고객서비스 납기지연과 차량운행 시간을 최소화할 수 있는 최선의 배차계획을 수립

하는 일은 물류활동에서 중요한 의사결정문제이다.

배차계획문제(truck dispatching problems)에는 많은 현실적 제약조건이 포함되는데, 이러한 제약 조건들은 문제를 한층 복잡하게 만들어 최적해를 구하는 것을 매우 어렵게 한다. 이를테면, 서비스 납기, 방문시간대, 차량귀환시각, 차량용량, 변화하는 운행속도, 통행장애구간 등은 배차계획에서 요구되는 실질적인 고려사항들이다. 따라서 일반적으로

* 경희대학교 산업공학과

로 간단히 근사해(near-optimal solution)를 찾아주는 탐색적기법(heuristics)을 주로 사용하여 배차계획을 수립한다. 배차계획문제는 차량경로문제(vehicle routing problems) 또는 차량일정문제(vehicle scheduling problems)라고도 불리운다.

Dantzig and Ramser[6]가 LP를 이용한 탐색적기법을 개발한 이래 그동안 많은 학자들에 의해 배차계획을 위한 다양한 수리모형과 해법이 소개되었다. 주요 해법들이 Solomon and Desrosiers[12], Potvin and Rousseau[10], Bodin and Golden[5], Laporte[8] 등의 조사논문에서 정리되어 있다. 그러나 수행된 연구의 양과 질에 비추어 해법들의 실제 적용은 크게 제한되어 왔다. 이것은 대부분의 해법들이 설정된 가정들을 엄격히 지키면서 알고리즘적 절차에 따라 해를 구하므로, 실제 상황에서 발생할 수 있는 예외적인 문제, 가정의 완화, 배차계획자의 주관적 판단 등이 해를 구하는 과정에 거의 반영될 수 없기 때문이다[13]. 이러한 이유로 인해 아직도 많은 기업에서는 수·배송 담당자가 자신의 경험과 직관을 토대로 수작업으로 배차계획을 수립하고 있는 실정이다.

배차계획을 수립하는 과정에서 배차계획자의 전문적 지식이나 주관적 판단을 반영하는 기술에 대한 본격적인 연구는 컴퓨터기술의 발달에 따라 최근에서야 이루어지고 있다. Potvin et al.[9]은 서비스시간대 제약조건을 가지는 차량경로문제의 해를 구하기 위한 대화형 그래픽 컴퓨터시스템을 개발하였다. 특히, 이 시스템은 사용자가 주어진 문제에 대해 대화창을 통하여 다양한 유형의 탐색적기법의 적용을 동시에 시도해 볼 수 있는 기능을 제공하고 있다. Waters[13]는 배차계획자의 주관적 판단과 선호를 어느 정도 반영할 수 있는 전문가시스템의 기본틀을 제시하였다. Shen et al.[11]은 신경망 기술을 이용하여 특급우편물 수거 및 배달차량의 일정계획을 위한 전문가시스템 모형을 소개하였다. 이 시스템은 계속되는 새로운 배달주문들에 대해 각각 최적의 운행중 차량을 할당하여, 이

차량들에 대한 일정을 실시간적으로 새롭게 수립해 준다. 지금까지의 배차계획문제를 위한 전문가시스템의 개발은 극히 초보적인 수준에 머무르고 있다. 이것은 문제의 다양성과 지식베이스 구축을 위한 일반적 사실(facts)과 규칙의 부족함에 기인한 때문이라 볼 수 있다.

본 논문에서는 총차량운행시간 최소화와 총가중순수납기지연 최소화의 두개의 빈번히 상충하는 목적이 존재하고, 고객들의 납기와 배달시각의 상한이 주어져 있으며, 그리고 운행속도가 차량의 출발시간대와 이동구역에 따라 달라지는 상황에서 최선의 배차계획을 수립하는데 사용할 수 있는 대화형 배차계획 의사결정지원시스템(an interactive decision support system for truck dispatching: IDSSTD)의 개발을 소개한다. IDSSTD는 배차계획자와 의사결정지원시스템과의 대화과정을 통하여 배차계획자로 하여금 알고리즘적 해법을 적용하기 전에 환경적 요소들을 고려하여 주어진 문제를 수정할 수 있게 하고, 또 알고리즘적 해법을 적용한 후에 얻어진 해에 대해 주관적 요소들을 반영하여 보다 개선된 해를 최종적으로 구할 수 있게 해 준다. IDSSTD는 박양병[2]에 의해 개발되어 그 성능이 입증된 BC-saving 탐색적기법을 알고리즘적 해법으로 사용한다.

개발된 대화형 배차계획 의사결정지원시스템은 배차계획 수립과정에서 배차계획자가 배차계획의 실제 환경과 주관적 판단을 적절히 반영할 수 있게 하여 줌으로써 알고리즘적 해법에 의한 결과보다 더 질적으로 향상된, 그래서 실제 사용할 수 있는 배차계획해를 생성해 준다. 특히, IDSSTD는 사용자의 편의와 시스템의 효율적 운영을 위해 다양한 컬러 그래픽 기능과 초보적 수준의 지적능력을 갖추고 있다. IDSSTD는 차량의 운행속도가 변화하고 고객들에 대한 납기와 배달시각의 상한이 주어진 상황에서 총차량이동시간과 총가중순수납기지연의 최소화를 동시에 추구하는 배차계획문제를 위해 최초로 개발된 의사결정지원시스템이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1절의 서론에 이어, 2절에서 IDSSTD에서 사용하고 있는 알고리즘적 해법인 BC-saving기법을 간략히 설명한다. 3절에서 IDSSTD의 개발에 대해 서술하고, 개발된 IDSSTD의 실제 적용사례가 4절에서 소개된다. 끝으로 5절에서 결론을 서술한다.

최근에, 운영중인 차량관리를 위해 인공지능을 이용한 위치추적시스템(GPS)의 사용이 점차 확산되어 실시간으로 차량의 작업지시가 가능하다. 그러나 배달문제와 같이 서비스 대상고객들에 대한 정보가 사전에 필요한 경우는 차고지에서 또는 운행중 일지라도 대상고객들에 대한 차량의 서비스일정을 계획하는 일은 여전히 중요한 의사결정 문제로 남는다.

II. BC-saving 기법

IDSSTD가 대상으로 하는 배차계획문제를 정리하면 다음과 같다. 차량들은 중앙차고지(depot)를 출발하여 지리적으로 산재해 있는 고객들의 알려진 수요를 모두 충족시킨 후 중앙차고지로 되돌아온다. 한 고객의 수요는 반드시 한대의 차량에 의해서 충족되어야 한다. 각 고객들은 납기와 배달시각의 상한(가장 늦을 수 있는 배달시각)을 지정하고 있으며, 고객에 따라 순수납기지연(tardiness)에 대한 가중치가 달라진다. 차량의 지점간 운행속도는 차량의 출발시간대와 이동구역에 따라 달라진다. 각 차량의 차고지귀환시각(운전자의 근무시간)은 주어진다. 두개의 빈번히 상충하는 목적인 총차량운행시간의 최소화과 총가중순수납기지연의 최소화를 동시에 추구하며, 이들 목적은 분석자의 판단에 따라 그 상대적 중요도가 정해진다.

IDSSTD에서 알고리즘적 해법으로 사용하는 BC-saving기법은 탐색적기법으로서, 한 루트의 마지막 방문지점 i 와 다른 루트의 첫번째 방문지점 j 를 연결함으로써 기대되는 차량운행시간의 saving(SV_{ij})과 가중순수납기지연의 saving(SW_{ij})의 합인 BC_{ij} 가 가장 큰 두 루트를 결합하면서 배차계획을

수립해 가는 실차적 해법이다. BC_{ij} 를 계산하는데 있어 두 saving의 중요도를 $\Phi(0 \leq \Phi \leq 1)$ 와 $1-\Phi$ 로써 고려한다. 즉, $BC_{ij} = \Phi SV_{ij} + (1-\Phi)SW_{ij}$.

BC-saving기법의 절차를 요약하면 다음과 같다.

- 순서1:** 각 고객지점을 차고지와 연결하여 고객수만큼의 루트를 구축한다. 그리고 각 루트에 대해 차량운행시간과 총가중순수납기지연을 계산한다.
- 순서2:** 임의로 두개의 루트를 선정한 다음, 한 루트의 $(i, 1)$ 경로상 지점 i 와 다른 루트의 $(1, j)$ 경로상 지점 j 를 연결하여 한개의 루트로 결합하는데 따른 제약조건들(예: 차량귀환시각상한, 배달시각상한, 차량적재용량 등)의 만족여부를 조사한다. 제약조건을 만족하면 BC_{ij} 를 계산한다. 현재의 모든 루트들에 대해 연결가능한 지점쌍들의 BC_{ij} 를 계산한다. 만일 연결가능한 지점쌍이 하나도 존재하지 않으면, **순서4**로 이동한다.
- 순서3:** 가장 큰 BC_{ij} 값을 갖는 지점쌍을 선택하여 한개의 루트로 결합한 다음, **순서2**로 되돌아간다.
- 순서4:** 한 루트에서 모든 인접지점간 쌍대교환에 따른 제약조건들의 만족여부를 조사한 후, 루트해(여기서 루트해는 루트의 차량운행시간과 총가중순수납기지연을 각각 Φ 와 $1-\Phi$ 로써 곱하여 더한 결과이다.)의 개선을 계산하여 그 중 가장 큰 개선을 제공하는 경로 (i, j) 의 순서를 교환한다. 쌍대교환이 불가능하거나 더 이상의 개선이 나타나지 않을 때까지 이 과정을 반복한다.
- 순서5:** 나머지 모든 루트들에 대해 **순서4**의 과정을 적용한 후, 얻어진 루트일정을 해로 하고 멈춘다.

BC saving기법에 대한 더 자세한 설명은 박양병[2]을 참고하시오.

Ⅲ. 대화형 배차계획 의사결정지원 시스템의 개발

실제로 배차계획을 수립하는 상황에서는 수리모형이나 탐색적기법에서 다루기 어려운 여러가지 현실적인 내용들이 존재하고 있다. 그러므로 알고리즘적 해법들에 의해 구해진 해가 그대로 사용되는 경우는 드물고 대부분 배차계획자가 실제 환경을 고려하면서 자신의 경험이나 직관을 토대로 알고리즘적 해를 수정·보완하고 있다. 저자들은 이러한 과정을 배차계획자가 용이하고 효율적으로 수행할 수 있도록 대화형 배차계획 의사결정지원 시스템을 개발하였다.

IDSSTD는 배차계획자가 직접 배차계획과 관련한 데이터베이스를 접할 수 있게 하고, 배차계획에 필요한 의사결정모형에 자료를 입력하게 하고, 그리고 분석과정에서 필요할 때마다 배차계획자에게 그래프 또는 텍스트 등의 다양한 형태로 결과를 제공해 줌으로써 배차계획자의 의사결정과정을 효과적으로 지원할 수 있도록 설계되었다. 이에 따라 IDSSTD는 Anderson et al.[4]이 요구한 의사결정지원시스템의 4가지 기본 서브시스템인 data manager, modeling subsystem, interactive capability, output generator를 갖추게 된다.

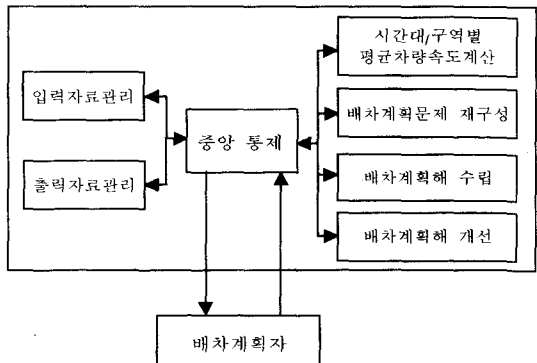
IDSSTD는 사용자와 시스템간의 대화과정을 통하여 배차계획자로 하여금 알고리즘적 해법인 BC-saving기법을 적용하기 전에 환경적 요소들을 고려하여 주어진 문제를 단순화하거나 또는 예외적인 상황을 반영할 수 있게 하고(pre-scheduling 단계), 또 BC-saving기법을 적용하여 얻어진 해에 대해 사용자의 주관적 요소들을 반영하면서 다양한 방법으로 조정·변경하여 최종적으로 개선된 해를 구할 수 있게 한다(post-scheduling 단계). IDSSTD는 이 과정에서 가능한 한 배차계획자와 시스템간의 대화가 효율적으로 잘 이루어지도록 하기 위해 다양한 그래픽 기능을 제공한다. 나아가 이 과정에서 배차계획자의 부담을 덜어주기 위해 경우에 따라서는 시스템이 스스로 분석·처리하

는 초보적 수준의 지적능력을 발휘한다. 따라서 IDSSTD는 일종의 지능을 갖춘 의사결정지원시스템이라 말할 수 있다.

IDSSTD에서 BC-saving기법을 적용하는데 필요한 출발시각에 따른 지점간 평균차량속도는 Park & Song의 추정모델[3]에 의해 구해진 추정치를 이용한다. Park & Song의 추정모델은 주어진 지점간 차량속도 실측자료들을 가지고 시간대/구역별 평균차량속도를 구하여, 이를 토대로 추정식을 이용하여 출발시각에 따른 지점간 평균차량속도를 추정한다. 따라서 Park & Song의 추정모델 실행을 위해서는 반드시 최소요구량 이상의 지점간 차량속도 실측자료가 사전에 준비되어 있어야 한다. 지점간 차량속도에 대해 실측치 대신 추정치를 사용함으로써 지점간 운행속도(시간)의 자료수집과 컴퓨터저장에 대한 부담은 크게 줄어들겠지만, 속도치의 정확도는 어느 정도 희생될 수밖에 없다[3].

3.1 IDSSTD의 구성 및 실행과정

IDSSTD는 입력자료관리, 시간대/구역별 평균차량속도 계산, 배차계획문제 재구성, 배차계획해 수립, 배차계획해 개선, 출력자료관리를 포함한 총 7개의 모듈로써 이루어져 있다. IDSSTD 구성모듈들의 내용과 상호관련이 <그림 1>에 도시되어 있다.



<그림 1> IDSSTD의 구성도

입력자료관리 모듈은 고객 및 차량관련정보, 지점간 이동거리, 시간대/구역별 평균차량속도 계산을 위해 필요한 출발시각에 따른 지점간 차량속도 실측자료, 배경화면으로 사용되는 도시지도 등의 기본입력자료를 관리한다. 시간대/구역별 차량속도 계산 모듈은 지점간 차량속도 실측자료 입력파일을 Park & Song의 계산식에 적용하여 모든 시간대/구역별 평균차량운행속도를 구한다. 배차계획문제재구성 모듈은 BC-saving기법을 적용하기 전의 pre-scheduling 단계에서 배차계획자와 시스템간의 환경적 요소에 관한 대화과정을 통해 주어진 배차계획문제를 재구성한다.

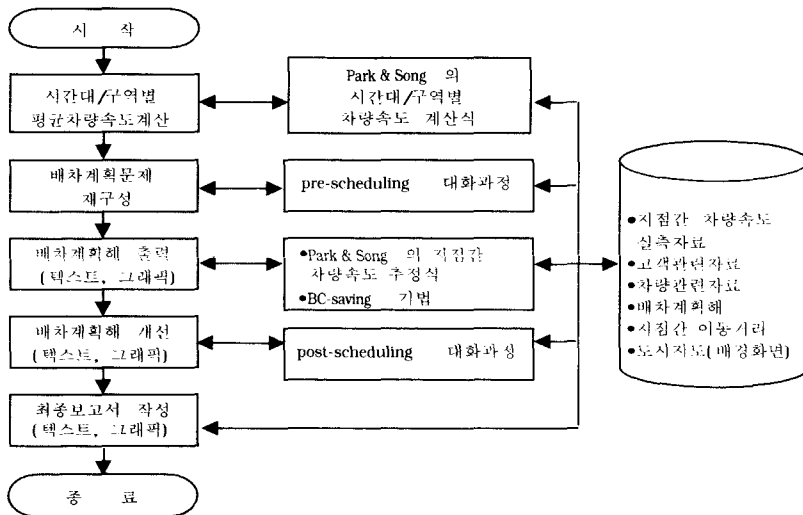
배차계획해수립 모듈은 배차계획문제에 BC-saving기법을 적용하여 배차계획을 수립한다. BC-saving기법의 적용과정에서 필요할 때마다 Park & Song의 지점간 차량속도 추정식이 실행된다. 배차계획개선 모듈은 BC-saving기법을 적용한 후의 post-scheduling 단계에서 사용자와 시스템간의 대화과정을 통해 배차계획자의 주관적 요소를 반영하면서 해의 개선을 모색한다. IDSSTD는 post-scheduling 단계에서 생성되는 모든 가능한 해에 대해 자체적으로 제약조건들의 만족여부를 조사한다. 출력자료관리 모듈은 대화과정에서 필요한 여러가

식의 통계자료와 배차계획해, 그리고 최종보고서를 텍스트 또는 그래프로 준비한다. 중앙통제 모듈은 IDSSTD를 구성하고 있는 모든 모듈들간의 연결과 사용자와 시스템간의 인터페이스를 통제한다.

IDSSTD는 총5단계를 거쳐 진행되며, 필요할 때마다 중앙통제 모듈의 지시에 따라 관련 모듈의 프로그램이 실행된다. IDSSTD의 실행과정을 간략하게 흐름도로 나타내면 <그림 2>와 같다. IDSSTD의 전과정과 모듈들은 Visual Basic 5.0[1]으로써 프로그래밍 하였다.

3.2 pre-scheduling과 post-scheduling 단계

IDSSTD의 pre-scheduling과 post-scheduling 단계에서는 각각 4개 항목씩 총8개 항목에 대해 배차계획자와 시스템간의 대화가 이루어진다. 이 항목들은 일반 배차계획문제에 관한 보편적인 지침 [7, 9, 13]과 상식을 토대로 구성되었으며, 필요에 따라 추가 및 삭제가 가능하다. 일부 항목들에 대해서는 시스템이 자체적으로 처리할 수 있는 능력을 부여하였다. IDSSTD가 스스로 처리하는 방법에 대해서는 실제상황에 따라 논쟁의 여지가 있음을 밝혀둔다. 이점을 보완하기 위하여 IDSSTD가



<그림 2> IDSSTD의 실행과정

자체적으로 처리한 결과는 실제로 실행되기 전에 반드시 배차계획자에게 수락여부를 묻도록 하였다. 만일 배차계획자가 결과에 동의하지 않고 스스로 분석을 원하는 경우에는 대화창을 통하여 분석에 필요한 정보를 지시대로 입력하면 된다.

아래에 pre-scheduling과 post-scheduling 단계에서 제공되는 대화항목들을 설명한다. 항목의 설명서 ‘● 자체처리’는 IDSSTD가 스스로 처리하는에 과정을 묘사하며, ‘● 입력’은 사용자가 직접 분석을 원하는 경우의 입력자료를 열거한다.

3.2.1 pre-scheduling 단계

① 인접고객 결합

아주 짧은 이동시간내에 위치한 고객지점들을 결합함으로써 배차계획 문제의 크기를 줄일 수 있다. 하나로 결합된 지점(결합지점)에 대해서는 새롭게 위치, 수요량, 납기, 배달시각상한, 납기 지연가중치 등이 결정되어야 한다. 최종 배차계획해에서는 결합지점들이 원래대로 분해된다.

- 자체처리 : 정해진 짧은 이동시간내(예, 5분)에 있는 고객지점들을 찾아 한곳으로 결합하고, 결합지점의 위치는 결합대상고객들중 수요량이 가장 큰 고객위치로, 납기, 배달시각상한, 납기 지연가중치는 결합대상지점들의 값들의 평균으로, 그리고 수요량은 이들의 합으로 결정한다.
- 입력 : 결합대상고객지점, 결합지점 고객정보 결정방법

② 상호의존고객 설정

고객간에 방문순서의 선.후가 연속적으로 엄격히 지켜져야 하는 경우, 이들 고객은 상호의존관계에 있다고 말할 수 있다. 배차계획해에서 이들사이의 방문순서(경로)는 고정된다.

- 입력 : 상호의존 고객지점

③ 운행금지구간 설정

운행금지구간은 서비스 대상구역내에서 특정시간대에 공사, 행사, 정체가 예상되어 운행을 피해야 할 지점간 경로를 뜻한다. 배차계획해에서 해당

시간대에 지점간 경로의 운행은 금지된다.

- 입력 : 운행금지구간, 시간대

④ 별도수송수단 선택

인접고객과의 이동시간이 매우 길거나 수요량이 매우 큰 고객들의 배달은 별도의 수송수단(예: 일반운송업자, 소포 등)을 강구하도록 하고, 이들 고객을 배차계획 대상에서 제외한다. 특정 고객들의 배달을 위해 다른 수송방법을 선택하게 함으로써 소요차량수의 감소와 고객서비스수준의 향상(납기 준수)을 기대할 수 있다.

- 자체처리 : 인접고객과의 가장 짧은 이동시간이 차량의 차고지킴시간의 1/2이상 또는 수요량이 차량적재용량의 1/2이상인 고객들을 찾아 사용자에게 별도수송을 제안한다.
- 입력 : 별도수송고객, 별도수송수단

3.2.2 post-scheduling 단계

① 루트내 고객방문순서 교환

루트내 고객들의 방문순서를 변경하여 해의 개선을 시도한다. 일반적으로, 총차량운행시간의 최소화를 이루기 위해서는 루트들을 가급적 꽃잎모양(petal shape)으로 펼쳐주는게 좋은 것으로 알려져 있다. 또 매우 큰 가중순수납기지연의 고객을 방문순서상 앞쪽의 고객들중 가중순수납기지연이 없는 또는 매우 작은 고객과 그 순서를 바꾸어 줌으로써 총가중순수납기지연의 감소를 기대할 수 있다.

- 자체처리 : $\phi \cong 1.0$ 인 경우에는(예, $\phi \geq 0.7$) 각 루트에서 모든 교차경로쌍을 찾아 이들중 일부 또는 모두를 펼침으로써 기대되는 해의 개선효과가 가장 높은 배차계획해를 제시한다(만일 존재한다면). $\phi \cong 0.0$ 인 경우에는(예, $\phi \leq 0.3$) 각 루트에서 가중순수납기지연이 가장 큰 고객과 방문순서상 앞쪽의 고객들중 가장 작은 순수가중납기지연 고객의 방문순서를 서로 교환하여 개선된 배차계획해를 제시한다(만일 존재한다면). $\phi \cong 0.5$ 인 경우에는(예, $0.3 \leq \phi \leq 0.7$) 곧바로 사용자에게 두가

시 개선방법중 하나를 선택하도록 요구한다.

- 입력 : 해의 개선방법(교차경로펼침 또는 두 고객 방문순서교환)

② 고객납기 연장

배차계획해에서 지나치게 큰 가중순수납기 지연을 갖는 고객들의 납기연장을 시도한다. 집중적으로 이들 고객의 납기를 가능한만큼 늦춰줌으로써 해의 개선을 기대할 수 있다. 시스템은 납기연장에 따른 배차계획해의 변화를 보여준다.

- 자체처리 : 배차계획해의 각 루트에서 가중순수납기 지연값이 가장 큰 고객들을 루트내 고객수의 최대 20%에 해당되는 수만큼 모아 사용자에게 고객정보와 함께 제시한다. 이에 따라 사용자는 납기연장 고객을 선택하여 새로운 납기를 입력한다.

- 입력 : 납기연장 고객, 새로운 납기

③ 제약조건 및 두 목적의 중요도 변경

주어진 제약조건들을 약간씩 완화하거나 두 목적의 중요도를 변경하여 해의 개선을 시도한다. 시스템은 사용자의 입력에 따른 배차계획해의 변화를 보여준다.

- 입력 : 각 제약조건의 새로운 값, 새로운 중요도

④ 연속 차량서비스

차량의 적재용량때문에 아주 이른 시각에 귀환하는 차량들의 루트를 한 차량이 연속으로 서비스하는 것을 고려한다. 결과적으로 소요차량수는 줄일 수 있겠지만, 차량은 반드시 차고지로 되돌아온 후 짐을 싣고 다시 떠나야 하기 때문에 나중에 서비스되는 루트들에 속한 고객들의 가중순수납기 지연은 당연히 증가할 것이다.

- 자체처리 : 모든 가능한 조합으로 두개의 루트를 선택하여 연속서비스를 고려한 결과, 그 중에서 실행가능하면서 개선효과가 가장 큰 연속서비스 배차계획해를 사용자에게 제시한다. 사용자의 요구에 따라 새로운 배차계획해에 대해 이 과정을 반복할 수 있다.

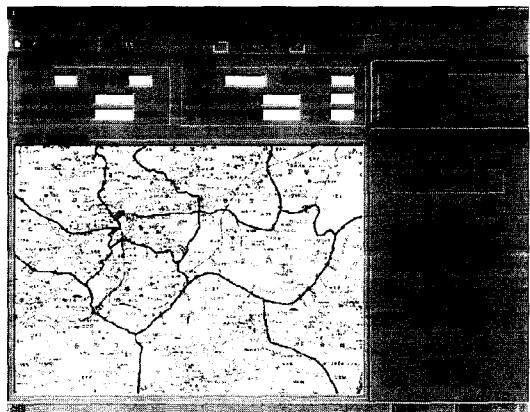
- 입력 : 연속서비스 대상루트

3.3 IDSSTD의 기본화면

IDSSTD의 기본화면은 <그림 3>과 같다. 화면상단에는 파일, 편집, 보기, 창, 입력자료, 해탐색, 도움말의 메뉴가 제공된다. 이 중에서 입력자료와 해탐색 메뉴를 간단히 설명한다.

입력자료 메뉴는 고객관련자료와 차량관련자료 소메뉴로 구성되어 있다. 이들은 기본적으로 파일로서 입력되지만 이들 소메뉴를 선택함으로써 새로운 파일을 작성할 수 있으며, 또한 이미 입력된 자료의 열람, 추가, 수정, 삭제를 할 수 있다. 주요 입력으로서 고객관련자료는 고객지점명, 위치, 수요량, 납기, 배달시각상한, 가중치 등을 포함하며, 차량관련자료는 차고지위치, 차량용량, 차고지귀환시각 등을 포함한다.

해탐색 메뉴를 선택하면 주어진 배차계획문제에 BC-saving기법을 적용하여 해를 구한다. 처음으로 해탐색 메뉴가 선택되면 IDSSTD는 BC-saving기법을 실행하기 전에 출발시각에 따른 지점간 차량 운행시간 추정에 필요한 시간대/구역별 평균속도를 Park & Song의 계산식을 이용하여 구한다. 그리고 그 결과를 저장해 두고 BC-saving기법을 실행할 때마다 사용한다.



<그림 3> IDSSTD의 기본화면

기본화면의 좌측상단의 문제정보 영역에서는 주어진 배차계획문제에 대한 요약된 정보를 제공한

다. 중앙의 해정보 영역에서는 구해진 배차계획해의 목적값과 차량소요대수에 대한 결과를 제시한다. 우측상단의 영역에는 pre-scheduling과 post-scheduling 항목들의 선택메뉴가 주어지며, 각 항목의 실행과정에서 사용자와 시스템간의 대화과정은 그 아래 공간에서 이루어진다.

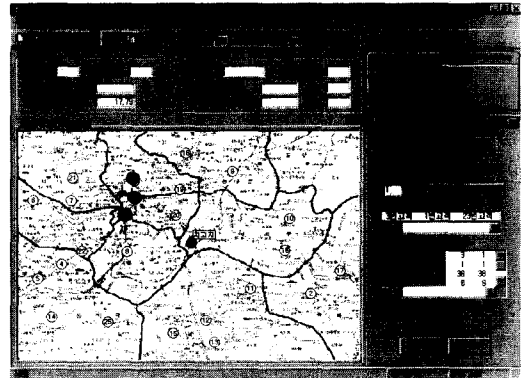
좌측하단의 영역에서는 그래픽 또는 텍스트 배차계획해를 나타낸다. 그래픽 배차계획해는 서비스대상구역의 지도를 배경으로 하여 차량경로를 그래프로 보여주며, 텍스트 배차계획해는 배차계획해를 텍스트로 자세히 보여준다. <그림 3>의 그래픽 배차계획해 영역에 나타나 있는 지도는 서울시의 일부로서 4절에서 소개할 사례의 배경화면이 된다. 지도상에서 차량경로는 그래픽으로 표현되는데, 지점간 연결선은 실제 도로망을 따르는 이동경로가 아니고 단순히 방문순서를 의미한다.

IV. 적용사례

서울시내에 산재해 있는 고객들을 서비스하기 위한 실제 배차계획문제를 축소·변형하여 IDSSTD를 적용하였다. 적용사례에 대한 요약이 <표 1>에 정리되어 있다. 각 고객에 대한 납기준수 가중치는

1, 2, 3중($1 < 2 < 3$) 한 값을 임의로 할당하였다. 이 사례에 대한 IDSSTD의 적용은 IBM PC호환 586 컴퓨터(16M RAM, 120MHz)상에서 실행되었다.

IDSSTD의 실행과정에서 나타나는 모든 화면을 지면관계로 다 보여줄 수 없기 때문에, 극히 일부의 화면만을 포함한다. <그림 4>는 IDSSTD의 pre-scheduling 단계에서 인접고객결합 항목에 대한 대화화면 일부를 보여준다. 자체처리 결과, <그림 4>의 그래픽 배차계획해 창에서 5분이내(시스템이 임의로 정한 시간치임)의 거리에 위치하여 결합대상 고객으로 제안된 1, 3, 23번 고객지점의 노드색깔이



<그림 4> 인접고객결합 항목에 대한 IDSSTD 대화화면 일부

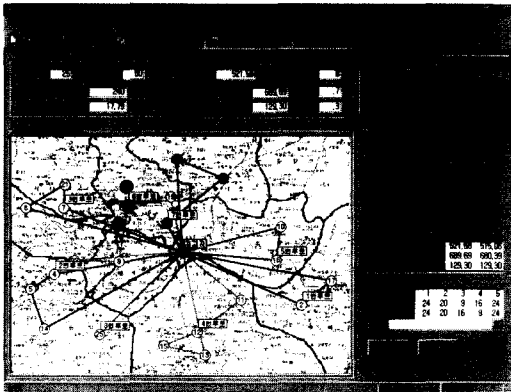
<표 1> 사례의 요약

고객지점수	구역수	시간대수	차량용량	차고지귀환시간	서비스소요시간
25	10	5	50	240	10

번호	고객지점명	위치		수요량	납기	배달시각상한	납기지연가중치
		x	y				
1	광화문	2700	1185	9	38	58	1
2	잠실 롯데월드	6840	3885	6	30	60	2
3	서울 시청앞	2745	1590	8	38	58	1
4	LG트윈타워	1005	3180	9	26	66	2
5	영등포역	450	3525	11	46	86	1
:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
23	남대문	2520	1965	11	76	106	3
24	옥수역(중앙차고지)	1035	2670	-	-	-	-
25	송실대앞	2085	4560	26	54	84	1

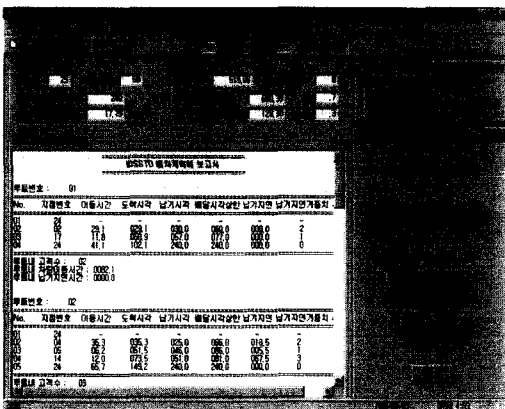
변화되어 있음을 확인할 수 있다.

<그림 5>는 post-scheduling 단계에서 $\phi = 0.7$ 인 경우 루트내 고객방문순서교환 항목에 대한 대화화면 일부를 보여준다. 자체분석 결과로서 그림에서 7번 루트의 교차경로가 제시됨을 알 수 있다.



<그림 5> 루트내 고객방문순서교환 항목에 대한 IDSSTD 대화화면 일부

<그림 6>은 IDSSTD의 최종 배차계획해를 텍스트형식으로 보여준다. 보고서는 각 루트별로 고객들의 방문일정과 함께 차량이동시간과 총가중순수납기지연에 대한 정보를 포함한다. 배차계획해에 대한 전체정보는 화면상단 중앙의 해정보 영역에 정리되어 있다.



<그림 6> IDSSTD의 텍스트 배차계획해

V. 결 론

본 논문에서는 총차량운행시간의 최소화와 총가중순수납기지연 최소화의 두개 목적이 존재하고, 고객들의 납기와 배달시각의 상한이 주어져 있으며, 운행속도가 차량의 출발시간대와 이동구역에 따라 변화하는 상황에서 최선의 배차계획을 수립하는데 사용할 수 있는 최초의 대화형 배차계획 의사결정지원시스템(IDSSTD)의 개발을 소개하였다. IDSSTD는 배차계획의 알고리즘적 해법으로 BC-saving 탐색적기법을 사용하였다.

서울시내 25개 지점으로 구성된 사례에 대해 IDSSTD를 적용해 본 결과, 개발된 시스템은 자료들의 입력, 수정, 삭제가 용이하고, 또한 실제로 존재할 수 있는 여러 환경적 요소들과 배차계획자의 주관적 요소들을 배차계획 수립과정에 효과적으로 반영하여 최선의 실용적 배차계획해를 생성해주는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 시스템이 보유하고 있는 다양한 그래픽 기능과 자체적으로 분석할 수 있는 지적능력은 사용자가 시스템을 매우 용이하게 그리고 효율적으로 사용할 수 있게 해주었다.

추후, IDSSTD의 각 구성모듈들의 기능적 확장, 다양한 pre-scheduling 및 post-scheduling대화항목의 추가, 그리고 지적능력의 증대를 통해서 IDSSTD를 보다 완전한 배차계획 의사결정 지원 도구로 만들 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김영훈, 「초보자를 위한 Visual Basic 5.0」, 정문문화사, 1997.
- [2] 박양병, "시간대 및 구역의존 차량이동속도를 고려하는 다목적차량일정문제: 일정계획해법과 전문가시스템", 「대한산업공학회지」, 제23권, 제4호(1997), pp.621-633.
- [3] 박양병, 홍성철, "차량일정계획을 위한 도시내 차량이동속도 추정모델에 대한 연구", 「산업

- 공학], 제11권, 제1호(1998), pp.75-84.
- [4] Anderson, D. R., Sweeney, D. J. and Williams, T. A., *An Introduction to Management Science*, 4th ed. West Publishing Company, pp.722, 1985.
- [5] Bodin, L. D., Golden, B. L., Assad, A. A. and Ball, M. O., "Routing and Scheduling of Vehicles and Crews, The State of the Art," *Computers and Operations Research*, Vol.10 (1983), pp.63-211.
- [6] Dantzig, G. B. and Ramser J. H., "The Truck Dispatching Problem," *Management Science*, Vol.6(1959), pp.80-91.
- [7] Duchessi, P., Belardo, S. and Seagle, J. P., "Artificial Intelligence and the Management Science Practitioner: Knowledge Enhancements to a Decision Support System for Vehicle Routing," *Interfaces*, Vol.18, No.2 (1988), pp.85-93.
- [8] Laporte G., "The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms," *European Journal of Operational Research*, Vol.59(1992), pp.345-358.
- [9] Potvin, J. and Lapalme, G. and Rousseau, J., "A Microcomputer Assistant for the Development of Vehicle Routing and Scheduling Heuristics," *Decision Support Systems*, Vol.12(1994), pp.41-56.
- [10] Potvin, J. and Rousseau, J., "A Parallel Route Building Algorithm for the Vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Windows," *European Journal of Operational Research*, Vol.66(1993), pp.331-340.
- [11] Shen, Y., Potvin, J., Rousseau, J. and Roy, S., "A Computer Assistant for Vehicle Dispatching with Learning Capabilities," *Annals of Operations Research*, Vol.61 (1995), pp.189-211.
- [12] Solomon, M. M. and Desrosiers, J., "Survey Paper: Time Window Constrained Routing and Scheduling Problems," *Transportation Science*, Vol.22, No.1(1988), pp.1-13.
- [13] Waters, C. D. J., "Expert System for Vehicle Scheduling," *Journal of Operational Research Society*, Vol.41, No.6(1990), pp. 505-515.