

화물터미널 운영 특성에 따른 택배영업소 수주 마감시간 결정

고창성^{1*} · 문덕희² · 고현정³ · 이희정¹

¹경성대학교 산업공학과 / ²창원대학교 산업시스템공학과 / ³루이빌대학교 산업공학과

Determination of Cut-off Time for Express Service Centers According to Operational Characteristics of Consolidation Terminal

C.S. Ko¹ · D.H. Moon² · H.J. Ko³ · H.J. Lee¹

¹Dept. of Industrial Engineering, Kyungsoong University, Busan, 608-736

²Dept. of Industrial and Systems Engineering, Changwon National University, Changwon, 641-773

³Dept. of Industrial Engineering, University of Louisville, USA

While demands for express service are rapidly increasing according to recent progress of electronic commerce, express service companies are struggling to take a larger delivery service market share through ongoing improvement in their service processes. Extension of cut-off time for express service centers can provide the express company with increase of total sales, but it may also cause to increase the possibility not to satisfy customer needs due to work delay in the consolidation terminal. Therefore, compromised decision for cut-off time of each service center should be made by taking operation characteristics of the consolidation terminal into account.

This study suggests an approach for determining the cut-off time for express service centers according to operational characteristics of the consolidation terminal with the objective of maximizing expected incremental sales. The problem defined in this study can be represented as two successive models; one is an integer programming model in which the best cut-off time for each sales center are determined, and the other is a single machine scheduling model in which a working schedule in the consolidation terminal is obtained. A genetic algorithm is developed to solve the two models simultaneously. Finally, an example problem is carried out to verify applicability and performance of the algorithm with the data set collected from an express company.

Keywords: express service, cut-off time, consolidation terminal, genetic algorithm

1. 서론

최근 전세계적으로 통신판매, TV 홈쇼핑, 인터넷쇼핑몰 등의 활성화 및 고객의 소화물 Door-to-Door 배달 서비스 요청 급등으로 인해 택배시장의 규모가 급신장하고 있다. 그러나 택배

시장의 전체 규모의 급등에 비해 많은 업체가 난립하여 단가 및 고객 만족 경쟁을 함으로써 대부분의 택배업체들이 수치 측면에서 큰 어려움을 겪고 있다.

그동안 수행된 택배에 관한 연구를 살펴보면, 먼저 Powell (1986)은 미국 LTL 운송회사의 운송 네트워크 설계를 위한 수

이 논문은 2001년도 경성대학교 학술지원 연구비에 의하여 연구되었음.

*연락처 : 고창성, 608-736 부산시 남구 대연동 110-1 경성대학교 산업공학과, Fax : 051-621-2454, E-mail : csko@ks.ac.kr

리적 접근방법을 제시하였으며, Leung *et al.*(1990)은 지점 대 지점 간의 운송문제를 순환경로로 해결하는 수리적 모형과 해법을 제시하였다. Braklow *et al.*(1992)은 미국 Yellow Freight System 운송회사의 운송 네트워크 설계 및 운송경로 생성을 위한 SYSNET을 소개한 바 있다. 최근에는 Cheung *et al.*(2001)이 홍콩 DHL의 서비스 네트워크 설계 사례 연구를 발표하였다. 이 연구에서는 서비스 영역과 서비스 신뢰성이라는 두 가지의 서비스 성능척도를 고려하여 Interactive Optimization/Simulation 접근법을 통해 네트워크 설계 문제를 다루었다. 국내에서 수행된 연구로는 김우제, 임성묵, 박순달(2000)의 연구를 들 수 있다. 이 논문에서는 택배의 효율적 간선수송을 위해 순환경로, 단일 화물집중센터, 중계지점 활용 등의 세 가지 대안을 제시하고 실제 업체의 자료를 이용하여 대안들을 비교, 평가하였다. 정기호, 고창성 (2002)은 간선운송과 연계운송 비용의 합을 최소화 하는 화물터미널의 개수와 위치가 지정되어 있는 상황에서 전국의 영업소를 각 터미널에 할당하는 연구를 수행한 바 있다.

그러나, 택배사업의 생산성과 서비스 향상은 화물터미널 운영방법과 밀접하게 연관되어 있기 때문에 이 분야의 연구 수행에 있어 터미널의 특성과 관련하여 이루어져야 할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 화물터미널의 운영과 연계하여 영업소의 수주 마감시간(Cut-off Time) 조정을 통해 매출을 극대화할 수 있는 전술적 접근 방법을 제시한다.

현재 택배업체에서는 영업소별로 수주 마감시간 전후로 매출량의 변화가 심하다는 분석 결과가 있다. 따라서 매출이 급증하는 영업소에서는 마감시간을 연장해줄 것을 희망하고 있다. 그러나 각 영업소의 마감시간 연장은 운행계통도와 아울러 화물을 집하-분류하는 화물터미널의 작업 능력에 영향을 주기 때문에 수주 마감시간 연장은 개별 영업소의 관점보다는 화물터미널의 관점에서 접근해야 할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 택배업체의 화물터미널과 각 영업소의 연관 특성을 고려하여 영업소별 수주 마감시간을 조정함으로써 택배업체의 매출 이익을 극대화하고자 한다. 아울러 화물터미널 생산성 향상 및 차량운행기사의 터미널 대기시간을 단축시킴으로써 작업 만족을 달성시킬 수 있다. 이를 위해 본 연구에서는 대상 문제를 정수계획(Integer Programming) 모형과 단일 기계 스케줄링(Single Machine Scheduling) 모형으로 정의하고, 유전 알고리즘에 기초한 탐색적 알고리즘을 개발한다. 마지막으로 택배업체의 실제 상황을 고려한 예제문제에 대해 개발 알고리즘을 적용하여, 현재의 매출과 비교하여 얼마나 매출이 증대되는가를 통해 알고리즘의 타당성을 평가한다.

2. 문제의 정의

택배시스템은 고객, 영업소, 터미널의 3개의 객체 간의 화물 및 정보의 흐름으로 이루어진다. <그림 1>은 세 가지 형태의 운

송서비스 네트워크로 구성된 일반적인 국내 택배업체의 운영 현황을 보여 주고 있다. 첫째, 영업소 간의 물량이 대량인 경우는 수집영업소에서 배달영업소로 직접 배달하는 방식을 사용한다. 둘째, 지역의 특성상 영업소의 취급 물량이 매우 적은 경우에는 터미널에서 출발한 간선차량이 순차적으로 해당 영업소들을 방문하며 배달 및 수집작업을 수행하는데 이 경우에는 서비스 만족도가 떨어진다는 단점이 있다. 마지막으로 터미널 간의 간선차량과 영업소와 터미널 간의 연계차량을 이용한 수집과 배달 체계를 활용하는 세 가지 단계로 크게 구분할 수 있다.

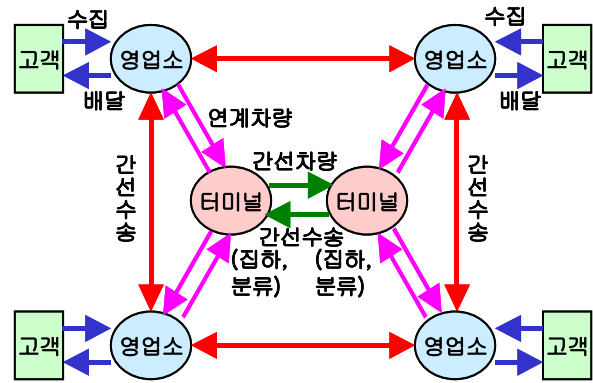


그림 1. 택배화물 흐름.

본 연구에서는 위의 세 가지 방법 중에서 마지막 문제를 다루고 있다. 즉, 영업소에서는 당일 저녁까지 해당 지역 고객들로부터 화물을 수집한 후 연계차량을 이용하여 수집한 화물들을 지정 터미널에 배송한다. 또 한편으로는, 새벽에 연계차량이 지정 터미널로 가서 자신들의 화물을 실고 영업소로 돌아온 후 오전부터 해당 지역 고객들에게 배달 업무를 수행한다. 이 상황에서의 기본 흐름은 수집-운송-집하-분류-운송-배달로 형성되는 것이 일반적이다. 이 중 집하-분류가 이루어지는 화물터미널은 고객 만족 및 정시 서비스를 수행하는 가장 핵심이 된다. 즉, 화물터미널에서는 화물처리시간을 최소화함으로써 영업소에서는 늦게까지 고객 화물을 유치할 수 있고 아울러, 이른 시간부터 고객에게 화물을 배달할 수 있기 때문에 화물터미널의 생산성이 택배생산성을 좌우한다고 해도 과언이 아니다.

대부분의 택배업체에서는 오후 6시경 고객으로부터의 화물 수집을 마감하고, 당일의 수집 화물에 대한 일련의 사무작업을 수행하고 연계차량에 상차한 후 지정된 화물터미널로 수집 화물을 운송한다. 터미널에서는 각 영업소에서 도착된 화물에 대해 FIFO 정책을 적용하여 작업을 수행한다. 하지만 일부 시간대에 집중적으로 화물이 도착하기 때문에 터미널의 한정된 처리능력으로 말미암아 화물 하차 작업이 도착 즉시 실시되지 못한다. 이로 인해, 연계차량 운행 기사들은 자신들의 화물이 하차될 때까지 터미널에서 대기하는 시간이 증가되어 많은 불

만을 갖고 있는 형편이다.

따라서, 직관적으로 도착 차량들을 분산시켜 위의 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 이 경우 한정된 터미널 생산 능력하에서 어떤 영업소의 연계차량을 이른 시간에 터미널에 도착하게 하고, 반대로 어떤 영업소의 연계차량을 늦은 시간에 터미널에 도착할 것인가를 결정해야 하는데, 택배업체 총 매출액을 최대화하는 방향으로 의사결정을 내리고자 한다.

3. 모형의 수립

택배업체의 매출 이익을 극대화하는 영업소별 화물 수주 마감시간 결정 모형을 구축하기 위해 본 연구에서는 다음과 같은 가정을 한다.

- (1) 터미널 운영시간은 고정되어 있다. 택배업체마다 시간의 차이는 있지만 일반적으로 오후 6시에서 7시경에 작업을 시작하며, 작업 마감시간은 오후 12시에서 새벽 2시경에 작업이 마감된다.
- (2) 각 영업소의 수주마감시간이 연장되면 평균물량의 일정 비율로 추가 수주가 가능하며, 이에 따른 물량 증가는 택배업체의 매출액 증대로 환산된다. 반대로, 일부 영업소의 수주 마감시간의 단축은 매출액 감소로 환산된다. 이때, 물량 증가에 따른 매출액 증가는 개당 금액에 비례하여 발생하는 것으로 가정한다.
- (3) 수주마감시간은 30분 단위로 연장하거나 단축하는데, 그 범위는 1시간 30분 단축부터 2시간 연장까지로 한다.
- (4) 영업소를 출발하여 화물터미널에 도착할 때까지 소요되는 이동시간은 출발시간대에 관계없이 일정하다.
- (5) 영업소에서 화물터미널로 운반할 수 있는 화물의 양에 대한 제약은 없다. 즉 1대의 차량으로 처리하는 것으로 가정한다.
- (6) 영업소에서 화물수주가 끝난 후 전산입력 및 연계차량에 화물을 상차하는데 소요되는 시간은 화물량에 비례하는 것으로 가정한다.
- (7) 화물터미널에 도착한 차량의 화물은 도착시간에 관계없이 터미널 운영시간 내에 처리가 되며, 터미널에서의 작업시간은 물량에 비례하는 것으로 가정한다.
- (8) 화물터미널 내에서의 영업소별 화물처리 순서는 터미널 도착시간을 기준으로 FIFO 원칙에 따라 한 대씩 순차적으로 처리된다.

아울러, 모형 구축에 사용되는 주요 기호를 다음과 같이 정의한다.

j : 영업소 번호, $j=1, 2, \dots, n$

Δ_j : 마감시간 증감분을 의미하며, 감소의 경우는 -1.5, -1, -0.5 시간의 세 가지와 증가의 경우는 0.5, 1, 1.5, 2 시간

의 네 가지만을 고려한다. 모형에서는 Δ_j 가 -3, -2, ..., 3, 4의 8가지 값을 갖게 되는데 각각 1.5시간 감소, 1시간 감소, ..., 1.5시간 증가, 2시간 증가를 의미한다.

f_j : 영업소 j 의 현재 마감시간을 기준으로 한 평균 물량

F_j : 영업소 j 의 마감시간을 Δ_j 만큼 변동시켰을 때의 물량,

$$F_j = f_j \times (1 + 0.5 \times a_j \times \Delta_j / b_j)$$

여기서, a_j 는 단위시간당 영업소 물량 변화율로서 영업소 특성에 따라 각각 다른 값을 갖는데, 본 논문에서는 영업소 특성에 따라 A, B, C로 분류할 때 각각 1, 1.5와 2의 세 종류 값을 갖는다. 또한 b_j 는 영업소 j 의 현재 일별 운영시간이다.

c : 단위 물량 증가에 따른 수익률

PCT_j : 영업소 j 의 현재 마감시간

CT_j : 영업소 j 의 변동 후 마감시간 ($CT_j = PCT_j + \Delta_j$)

S_PC_j : 마감시간 후 영업소 j 에서 화물처리를 위해 소요되는 시간으로 전산입력 및 연계차량 상차에 소요되는 시간, ($S_PC_j = F_j / S_CA_j$)

이때 S_CA_j 는 영업소 j 의 시간당 처리능력

S_SL_j : 영업소 j 에서 화물 처리를 마감한 후 석식 등을 포함한 여유시간

S_DT_j : 영업소 j 의 연계차량 출발시간

$$(S_DT_j = CT_j + S_PC_j + S_SL_j)$$

TR_j : 영업소 j 에서 화물터미널까지 이동시간

T_AT_j : 영업소 j 연계차량의 터미널 도착시간

$$(T_AT_j = S_DT_j + TR_j)$$

T_SL_j : 영업소 j 연계차량이 화물터미널에서 하차작업을 위해 대기하는 시간

TSL_j : 영업소 j 의 총 여유시간

$$(TSL_j = S_SL_j + T_SL_j)$$

T_ST_j : 영업소 j 연계차량이 화물터미널에서 하차작업을 시작하는 시간 ($T_ST_j = T_AT_j + T_SL_j$)

T_PC_j : 영업소 j 연계차량이 화물터미널에서 하차작업을 위해 소요되는 시간으로 하차, 분류, 이동시간 포함, 이때 CP 는 화물터미널의 시간당 화물처리 능력

$$(T_PC_j = F_j / CP)$$

T_FT_j : 영업소 j 연계차량이 화물터미널에서 하차작업을 완료하는 시간 ($T_FT_j = T_ST_j + T_PC_j$)

ST : 화물터미널의 작업 시작시간

L : 화물터미널 총 작업시간

FT : 화물터미널 작업 완료시간 ($FT = ST + L$)

<그림 2>는 작업요소별 주요 시간과 기호를 보여주고 있다.

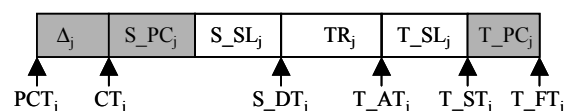


그림 2. 작업요소별 시간($\Delta_j > 0$ 인 경우).

본 연구에서 다루는 모형은 두 단계 절차로 구성된다. 첫 단계에서는 택배업체의 매출액 최대화를 위해 영업소별 수주 마감시간 결정을 위한 정수계획모형이며, 두 번째 단계에서는 결정된 수주 마감시간에 의해 화물터미널에서 이루어지는 작업 스케줄을 반영하는 단일 기계 스케줄링 모형을 다루게 된다.

먼저, 정수계획 모형은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\max Z = c \times \sum_{j=1}^n (F_j - f_j) = 0.5 \times c \times \sum_{j=1}^n a_j f_j \Delta_j / b_j \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n f_j (1 + a_j \times \Delta_j) \leq L \times CP \quad (2)$$

$$T_ST_j \geq ST \quad \text{for } j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$T_FT_j \leq FT \quad \text{for } j = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$\Delta_j = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4 \quad (5)$$

식 (1)은 목적함수로 추가 물량 증가에 따른 수익증가분을 나타낸다. 제약조건으로는 식 (2)는 총 화물수주량은 화물터미널 용량을 넘지 못한다는 것을 나타낸다. 식 (3)과 (4)는 모든 영업소의 화물터미널에서의 화물처리는 화물터미널의 지정된 작업시간 내에서 처리된다는 것을 의미한다.

상기 모형에서 Δ_j 가 결정되면, FIFO 정책에 의해 화물터미널에서의 모든 영업소 연계차량에 대해 작업 스케줄을 결정하는 추가적인 스케줄링 절차가 필요하게 된다.

4. 유전 알고리즘을 이용한 탐색절차

정수계획 모형에서는 영업소별 수주 마감시간 증감을 결정할 수는 있으나, 각 영업소의 연계차량이 터미널에 도착하여 화물 하차작업이 언제 시작되고 언제 끝나는가 하는 구체적인 작업 스케줄은 반영하지 못한다. 따라서 본 연구에서는 유전 알고리즘 (Genetic Algorithm)을 통해 영업소별 수주시간 증감에 대한 해를 구하고, 아울러 각 영업소의 화물처리에 대한 구체적인 작업 스케줄을 확인할 수 있도록 알고리즘을 설계하였다.

유전 알고리즘은 본 문제와 같은 Combinatorial 문제에 대해 비교적 짧은 시간 내에 근사 최적해를 도출하는 것으로 알려져 있다(Gen and Cheng (2000)). 제약식이 있는 할당문제에 유전 알고리즘을 적용한 연구에는 Chu and Beasley(1997), 문덕희와 김대경(1999) 등이 있는데 본 연구에 사용한 유전 알고리즘은 문덕희와 김대경(1999)에서 제시한 방법을 응용하였다.

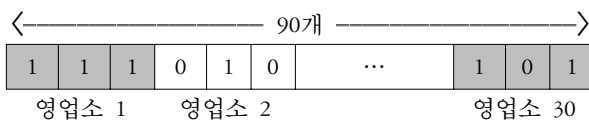


그림 3. 유전자의 구조와 해석방법.

먼저 유전자의 구조는 <그림 3>과 같다. 영업소의 수가 n개 일 때 셀의 개수는 3n개로 한다. 각 셀에는 0 혹은 1의 이진수가 들어가는데 총 8가지 경우의 수가 생성된다. 즉 0-0-0인 경우 1시간 30분 단축, 1-1-1인 경우 2시간 연장으로 해석할 수 있다. <그림 3>에서 영업소 1은 2시간 연장, 영업소 2는 0.5 시간 단축, ..., 영업소 30은 1시간 연장이라는 의미다.

각 세대별 모집단의 크기는 500개로 하였으며, 초기해 생성은 임의로(Random) 하였다. 선별방법은 상위 20%의 유전자는 보존하고 나머지 80%는 토너먼트(Tournament)선별방법을 이용하여 생성하였으며, 교차(Crossover)방법은 일점교차(Single Crossover)방법을 채택하였다. 돌연변이(Mutation)는 역위(Inversion)방법을 이용하였고, 적합도함수(Fitness Function)로는 수리모형의 목적함수를 이용하였고, 세대수는 300세대로 제한하였다. 돌연변이는 동적으로 변화시키는 방법을 이용하였는데 초기치는 20%로 하였으며, 너무 빨리 부분 최적해 (Local Optimal Solution)에 수렴하는 것을 방지하기 위하여 세대수가 200세대를 넘어가면 최대 30% 범위 내에서 돌연변이율을 1%씩 증가시켰다.

이와 같이 유전자이론을 제약식이 있는 문제에 적용할 때 당면하는 문제는 실행 불가능해(Infeasible Solution)를 어떻게 처리하는가에 대한 것이다. 따라서 본 논문에서는 아래와 같이 두 단계에서 얻어진 해가 실행 불가능일 때 벌과비용(penalty)을 부과하여 자연 도태시키거나 δ_j 를 감소시켜 실행 가능해(feasible solution)로 변환시키는 방법을 적용하였다.

(Step 1) 생성된 유전자는 제약조건 (2)를 점검하여 가능해 여부를 판단하는데 이를 만족시키지 못하는 해는 벌과비용을 크게 부여하여 도태시킨다.

(Step 2) 제약조건 (2)를 만족시킨 경우에는 터미널에 도착할 수 있는 가장 빠른 시간을 기준으로 영업소별로 순서화시킨다. 이때 가장 늦게 터미널에 도착하는 차량의 터미널 작업완료 시간을 연장하여 FT에 일치시킨 후 Backward Scheduling 개념을 이용하여 순서화된 모든 영업소별 화물작업시간을 중첩되지 않게 연결한다. 이때, 작업완료시간이 FT를 넘게 되는 경우 즉 제약조건 (4)를 위반하는 경우에는 Step 3의 수정 알고리즘을 적용하여 유전자를 변형시킨다.

(Step 3) T_FT_j 가 FT를 초과한 영업소가 발생하는 경우는 Δ_j 가 크게 정해져 있기 때문이다. 따라서 유전자 알고리즘을 적용하여 얻은 Δ_j 의 값을 한 단위씩 줄여 FT를 넘지 않는 최대의 값으로 수정한 후 이를 유전자 구조로 변환시킨다.

이상의 절차를 통해 얻어진 연결된 영업소별 작업시간은 터미널에서의 작업 스케줄을 반영하는데, 이는 영업소별 화물 하차작업 시작과 종료시간을 의미하기 하기 때문에 이를 고려하여 영업소에서는 연계차량 출발시간을 조정할 수 있게 된다.

5. 예제 수행

개발된 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 국내 A 택배회사의 실제 운영 자료를 기초하여 축소된 예제 문제를 생성시켜 알고리즘을 적용하였다. <표 1>은 A 택배회사의 영업소와 화물터미널에 대한 자료로서, 현재 모든 영업소는 오전 8시에 업무를 시작하여 오후 6시에 수주시간을 마감하는 것으로 가정하였다.

화물터미널에서는 19:00에 작업이 시작되며, 화물 처리능력

은 시간당 10,000개(개당 0.006분)를 처리할 수 있는 것으로 가정하였다. 열 (1)~(8)을 살펴보면 현재 대상 업체의 경우 총 수주 물량은 40,000개이며 터미널에서의 실제 작업은 19:30에 시작하여 24:42에 작업이 완료됨을 알 수 있다.

따라서, 터미널 작업완료시간을 동일하게 24:42에 맞추어 개발 알고리즘을 적용하여 얻어진 최종 결과가 열 (9)~(13)에 제시되어 있다. 영업소별 수주시간 증감으로 화물수주량은 약 15%증가된 46,101.25개가 되었다. 또한, 영업소별 연계차량의 터미널 대기시간을 포함한 여유시간도 평균 1.35시간(1시간 21

표 1. A 택배회사 영업소 및 화물터미널의 운영 현황 및 알고리즘 적용 결과

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	현재 운영상황			알고리즘 수행결과				
					(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
영업소	f	분류	S_CA	TR(시간)	T_AT	T_ST	T_FT	Δ	F	T_AT	T_ST	T_FT
1	350	B	700	0.3	19:30	19:30	19:32	1	376.25	19:34	20:05	20:08
2	700	B	1400	0.5	19:42	19:42	19:46	2	805	20:05	20:21	20:26
3	800	B	1600	1	20:12	20:12	20:17	1	860	20:02	20:16	20:22
4	1100	B	2200	1.3	20:30	20:30	20:37	1	1182.5	20:20	20:26	20:33
5	1050	A	2100	1.6	20:48	20:48	20:54	1	1102.5	20:38	20:44	20:51
6	2500	C	5000	1.9	21:06	21:06	21:21	2	3000	21:30	21:30	21:48
7	1100	C	2200	1.95	21:09	21:21	21:28	3	1430	22:06	22:16	22:25
8	1500	C	3000	1.96	21:10	21:28	21:37	1	1650	21:01	21:01	21:11
9	1900	C	3800	2.03	21:14	21:37	21:48	3	2470	22:11	22:34	22:49
10	1000	B	2000	2.1	21:18	21:48	21:54	0	1000	20:36	20:38	20:44
11	900	C	1800	2.13	21:20	21:54	21:59	2	1080	21:44	21:52	21:59
12	750	A	1500	2.28	21:29	21:59	22:04	0	750	20:47	20:51	20:56
13	650	C	1300	2.32	21:31	22:04	22:08	2	780	21:55	21:58	22:03
14	950	B	1900	2.35	21:33	22:08	22:14	1	1021.25	21:23	21:24	21:30
15	1550	A	3100	2.38	21:35	22:14	22:23	-2	1395	19:50	20:08	20:16
16	1250	B	2500	2.41	21:37	22:23	22:30	4	1625	23:04	23:16	23:25
17	900	B	1800	2.48	21:41	22:30	22:36	-1	832.5	20:27	20:33	20:38
18	1250	C	2500	2.53	21:44	22:36	22:43	2	1500	22:08	22:25	22:34
19	850	C	1700	2.61	21:49	22:43	22:48	3	1105	22:46	22:49	22:55
20	2750	B	5500	2.73	21:56	22:48	23:05	3	3368.75	22:51	22:55	23:16
21	1000	B	2000	2.9	22:06	23:05	23:11	-1	925	20:52	20:55	21:01
22	2250	B	4500	3.05	22:15	23:11	23:24	4	2925	23:42	23:47	21:04
23	650	A	1300	3.14	22:20	23:24	23:28	0	650	21:38	21:48	21:52
24	2300	C	4600	3.27	22:28	23:28	23:42	3	2990	23:25	23:25	23:43
25	2200	B	4400	3.47	22:40	23:42	23:55	0	2200	21:58	22:03	22:16
26	550	A	1100	3.55	22:45	23:55	23:59	3	632.5	23:38	23:43	23:47
27	1550	A	3100	3.61	22:49	23:59	24:08	-2	1395	21:04	21:11	21:19
28	900	A	1800	3.7	22:54	24:08	24:13	-2	810	21:09	21:19	21:24
29	2300	C	4600	3.85	23:03	24:23	24:27	3	2990	24:00	24:05	24:23
30	2500	C	5000	3.98	23:11	24:27	24:42	3	3250	24:08	24:23	24:42
합계	40000								46101.25			

분)에서 0.148시간 (8.9분)으로 단축되었다. 구해진 해를 살펴 보면 대체적으로 물량이 큰 값, 영업소 분류에서 C값을 갖는 경우에 상당부분 수주시간의 증가를 보여주고 있으며, 반대로 영업소 분류에서 A값을 갖는 경우에 상당부분 수주시간의 감소 내지 현상 유지의 결과를 보여 주고 있다.

아울러 대상 업체는 현재 화물터미널에서의 작업 지연으로 말미암아 간선차량 출발시간이 지연되어 결국 고객에 대한 화물 배달 서비스율이 떨어지고 있다. 이를 개선하기 위해 작업 완료시간을 24:00에 맞출 것을 고려하고 있어, 이에 대해 알고리즘을 적용하였다. 비록, 터미널의 작업 종료시간을 단축했음에도 불구하고 현재 수주물량보다 약 7% 증가된 42,798개의 수주 물량이 발생되었으며, 또한, 영업소별 연계차량의 여유 시간도 평균 0.166시간 (9.96분)으로 단축되었다.

6. 결론

택배시장 규모가 급속도로 신장됨에 따라 국내외 택배업체의 경쟁이 날로 치열해지고 있다. 본 논문에서는 화물터미널의 운영 특성을 고려하여 영업소의 수주마감시간을 변동시킴으로써 택배업체의 매출액을 증대시키는 접근방법을 제시하였다. 또한, 터미널에서의 작업 스케줄을 예측할 수 있게 되어 최대의 영업소 연계차량의 대기시간을 단축시킴으로써 차량 운행기사의 작업 만족도를 최대한 높일 수 있었다.

추후 본 연구의 실제 적용 가능성을 검증하기 위해서는 축소된 예제 문제보다는 택배업체의 실제 사례를 실험해 보는 것이 필요하며, 아울러 물량이나 운송시간의 추계적 특성을 고려하여 시뮬레이션을 통한 검증작업도 반드시 수행되어야

할 것이다. 마지막으로 본 연구에서는 화물터미널의 처리 능력을 고정시켰으나 자동화나 작업자의 총원 등을 통한 터미널의 처리 능력을 변동시켰을 때, 이에 따른 추가적 비용과 매출 증대에 대한 Trade-off가 발생되기 때문에 이에 대한 연구도 필요할 것이다.

참고문헌

- 김우제, 임성목, 박순달, (2000), 소규모 물량을 가진 간선수송문제의 수송계획, *산업공학*, 13(3), 471-478.
- 문덕희, 김대경, (1999), 작업자 공유가 가능한 병력기계작업장에서 작업자 부하 균형을 고려한 작업할당문제, *산업공학*, 12(2), 166-173.
- 정기호, 고창성 (2002), 택배운송 네트워크 설계를 위한 할당 문제, 2002 대한산업공학회 한국경영과학회 춘계 공동학술대회 논문집.
- Braklow, J., Graham, W., Hassler, S., Peck, K. and Powell, W. (1992), Interactive Optimization Service and Performance for Yellow Freight System, *Interfaces*, 22(1), 147-172.
5. Cheung W., Leung L. C. and Wong, Y. M. (2001), Strategic Service Network Design for DHL Hong Kong, *Interfaces*, 31(4), 1-14.
- Chu, P. C. and Beasley, J. E. (1997), A genetic Algorithm for the generalized Assignment Problem, *Computers and Operations Research*, 24(1), 17-23.
- Gen, M. and Cheng, R. (2000), *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, New York: Wiley.
- Leung, L., Magnanti, T., and Singhal, V. (1990), Routing in Point-to-Point Delivery Systems: Formulations and Solution Heuristics, *Transportation Science*, 24(4), 245-260.
- Powell, W. (1986), A Local Improvement Heuristic for the Design of Less-Than-Truckload Motor Carrier Networks, *Transportation Science*, 20(4), 246-257.