

유비쿼터스 기반의 적하와 하역 배송경로문제: u-MDPDPTW*

장용식

한신대학교 경상대학 e-비즈니스학과
(E-mail:yschang@hs.ac.kr)

이현정

성균관대학교 경영연구소
(E-mail:hjlee5249@yahoo.com)

공급망의 물류흐름을 최적화하기 위해 여러 차고지를 기점으로 차량들이 다수의 적하와 하역장소를 거쳐 차고지로 돌아오는 최적의 배송경로를 계획하는 기존의 최적화모형 연구는 정수계획법(IP)에 기반을 둔 MDPDPTW(Multi-Depot Pickup and Delivery Problem with Time Windows) 모형이 있다. 이에 관한 연구들은 차고지의 차량들을 대상으로만 배송경로를 계획하기 때문에 운행 중인 차량을 고려할 때보다 효과적인 배송경로계획에 한계가 있다. 본 연구는 효과적인 공급망관리를 위하여 여러 차고지의 차량은 물론, 유비쿼터스 환경에서 배송화물과 운행 중인 차량상황을 포함한 배송상황을 기반으로 최적의 배송경로를 계획하는 IP기반 최적화모형인 u-MDPDPTW 모형을 제안하는데 그 목적이 있다. 또한, 기존 MDPDPTW 모형과 본 연구의 u-MDPDPTW 모형의 비교실험을 통하여 u-MDPDPTW 모형의 효과와 유용성을 보인다.

논문접수일 : 2006년 11월

게재확정일 : 2007년 02월

교신저자 : 장용식

1. 서론

기업들은 글로벌화와 협업화 추세에 따른 효과적인 공급망관리를 위해 운송회사의 제3자물류 서비스에 크게 의존하고 있다. 유비쿼터스 환경에서는 생산공정에 따른 자재의 흐름은 물론, 화물과 차량의 상황을 실시간으로 파악할 수 있기 때문에 운송회사는 이러한 변화에 따른 서비스 개선을 통하여 제3자물류 서비스 만족도를 높이고 비용절감을 통해 경쟁력을 꾀하고 있다.

운송회사의 경쟁력은 효율적 배송체계에 기인한다. 이를 위하여 차량보유에 대한 부담을 덜고 효율적

배송을 위해 대부분의 배송차량을 아웃소싱하는 추세이다. 2004년 2월 현재 CJ-GLS(www.cjgls.co.kr)는 3,000여대 운송차량의 100%가 지입차량이며, 현대택배(www.hyundaiexpress.com)는 61%, 한진(www.hanjin.co.kr)은 90%에 이른다[24].

한편, 차량을 효과적으로 관리하는 수배송경로 계획은 운송회사의 또 다른 경쟁력 요인 중 하나이다. 배송경로를 설정하기 위해 사용되는 기존의 최적화모형인 PDPTW(Pickup and Delivery Problem with Time Windows)[23]는 차량들이 차고지에서 모두 출발하여 적하와 하역 과정을 거친 후에 차고지로 돌아옴을 가정하고 배송경로를 설

* 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-10303-0(2006)) 지원으로 수행되었음.

정한다. 실제 배송경로 계획 당시에는 차량들이 차고지 밖에서 운행 중인 경우도 있다. 이들 차량들을 포함하여 배송경로를 계획한다면, 더 최적화된 경로설정이 가능하다. 운송회사의 지입차량들은 개인소유이기 때문에 운송회사의 자사차량보다 운행이 자유로워서, 배송경로계획 시의 위치를 고려하면 효율적 배송이 가능하다.

유비쿼터스 환경에 기반을 둔 u-Delivery 서비스는 이러한 문제를 극복할 수 있다. u-Delivery는 IT와 UT를 기반으로 화주의 배송요청에 따라 화물의 적하 및 하역까지의 전 배송주기에 걸쳐 과학적 배송경영기법을 적용하고, 이를 통해 효율적이며 효과적인 배송환경을 구축함으로써, 배송현장의 혁신을 가능하게 하는 배송 패러다임이다. u-Delivery를 통한 주요 서비스는 화물의 실시간 추적을 통한 배송계획수립(u-Delivery Planning), 차량위치추적을 통한 차량 모니터링(u-Vehicle Monitoring), 실시간 화물과 차량의 상황을 파악한 배송경로계획(u-Delivery Routing) 등이다. 현재 대부분의 운송회사들은 차량모니터링을 위한 용도로 활용하고 있다.

본 연구의 목적은 u-Delivery Routing을 위해 필요한 배송경로계획모형을 제안하는데 있다. 이 목적을 달성하기 위하여, 2장에서는 유비쿼터스 환경에서 상황인식의 응용 예와 정수계획법을 이용한 기존 배송경로모형을 살펴본다. 3장에서는 유비쿼터스 환경에서의 배송경로모형인 ubiquitous Multi-Depot Pickup and Delivery Problem with Time Windows(u-MDPDPTW) 모형을 제안하고, 4장에서는 실험을 통해 u-MDPDPTW 모형의 타당성과 효과를 검정하고 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 문헌 연구

유비쿼터스 컴퓨팅에서의 “상황(Context)”이란 “주변상태, 적게는 위치를 포함하는 사용자와 IT 디바이스에 관한 지식”으로 정의되거나[22], “사용자와 어플리케이션 사이의 상호작용과 관련 있는 사람, 장소, 또는 객체 등과 같은 개체의 상태를 특징짓는데 사용될 수 있는 어떤 정보”[9]로 정의된다.

최근, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서의 상황 및 위치 정보를 지원하는 다양한 형태의 디바이스들이 개발되어 상용화되고 있으며[7, 11], 이를 바탕으로 한 응용시스템의 개발 또한 요구되고 있다.

상황정보는 사용자의 위치를 기반으로 한 회의 관리[25], 기억회상[4], 쇼핑지원[16], 그리고 사용자의 위치와 프로파일을 기반으로 여행안내[1, 6, 8, 16, 18, 24] 등 다양한 분야에 응용되고 있으며, 배송 시스템 또한 주요 응용분야이다[2]. 기존의 e-Commerce상에서 배송과 관련된 시스템들은[21], 판매자중심의 효율적 배송을 위한 SCM시스템[15]과 고객중심의 편의제공을 위한 e-fulfillment 시스템[21]으로 나누어 볼 수 있다.

e-Commerce 상에서 SCM을 지원하는 배송 시스템들은 Web server에 연결되어 배송 관련 콘텐츠를 전송 받아 이를 배송시스템에 활용하는 형태들이 많이 있다[3, 20]. 또한 e-Commerce상에서의 Fulfillment를 지원하는 시스템들은[21], B2B서비스 지원을 위한 시스템으로 배송 일자와 양을 계획하는 e-Fulfillment시스템인 CPFilms(www.cpfilms.com)와, 창구의 단일화와 정보사용의 용이성을 지원하는 시스템으로 고객들이 주문이나 배송진행과정을 실시간 추적하는 시스템인 EMBRACE(emb-race.grayhill.com)가 있다. Shoplinks(www.shoplink.com)는 식료품 배달을 위한 웹기반 Logistics 및 Fulfillment을 지원하는 시스템으로 Descartes의

DeliveryNet.Home fulfillment 시스템을 이용해 배송경로를 최적화하고, 배송경로 재설정을 통한 동적 경로계획을 지원한다. 예를 들어 Railcar Telematics[8]도 교통체증이 심하거나 날씨 등의 상황정보를 실시간으로 제공하며, 이렇게 제공된 정보에 따라 Shoplinks는 배송계획의 재설정을 한다. Renway(www.renwayltd.com)는 소비자가 웹 브라우저나 전화를 통해 배달 중에 있는 차량과 동적으로 연락하고 통제가 가능한 시스템이다.

판매자 중심의 SCM이나 고객중심의 e-fulfillment 시스템들의 주 목적은 효율적 배송을 통한 배송비용의 절감과 고객만족을 동시에 실현시키는 것에 있다. 한편, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 RFID를 이용한 상황 및 위치인식(Location-Awareness)기술이 발전함[1, 6, 8, 10]에 따라 배송에 참여하는 참여자들의 위치 및 판매자, 재고상태 및 배송자의 상황정보 등을 이용한 응용시스템의 연구 및 개발 등이 요구되고 있다[6, 12].

유비쿼터스 환경에서의 배송시스템 응용을 위해 적하와 하역에 관한 새로운 배송경로계획모형이 요구되고 있다. 기존의 배송경로계획을 위한 모형으로는 정수계획모형의 VRP(Vehicle Routing Problem)[21]와 PDPTW[23]가 대표적이다. VRP 모형은 TSP(Traveling Salesman Problem)[5]를 기반으로 한 것으로 판매원 대신 차고지의 차량들이 짐을 싣고 하역지를 방문한다. 일반적으로 각 방문지는 방문 가능한 시간이 주어진다. 이를 반영한 것이 VRPTW 모형[17]이다. 이 모형들은 여러 차량이 하나의 차고지에서 출발하여 출발지로 돌아오는 SDVRPTW(Single-Depot VRPTW)와 여러 차고지에서 각 차량들이 출발하고 돌아오는 MDVRPTW(Multi-Depot VRPTW)가 있다. VRPGTW (Vehicle Routing Problem with General Time Windows)[13]는 VRPTW 모형을 실제계에

맞게 확장한 모형이다.

유비쿼터스 환경에서 운행차량의 상황을 이용하는 것은 임의의 장소에서 차량이 출발하고 적하와 하역을 하는 PDPTW 모형[23]의 응용이 적합하다. PDPTW는 VRPTW 모형을 일반화한 것으로, 차고지에서 빈차량이 출발하고 적하와 하역지 점들을 방문하며, 차고지로 돌아온다. 한편, GA (Genetic Algorithm) 방법을 이용한 PDPTW 연구가 있다[14].

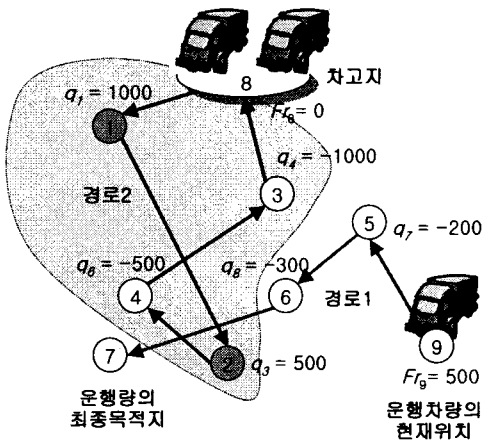
PDPTW는 운행중인 차량을 배송경로계획에 반영하지 않았지만, 실제 운송회사는 지입차량이 높은 비율로 이용되고 있으며 이들 차량들은 상황에 따라 차고지 대신 임의의 장소에서 직접 적하장소로 가거나 최종목적지를 달리할 수도 있다.

본 연구에서 제안하는 유비쿼터스 환경에서의 이동차량을 포함한 다중 차고지 기반 적하와 하역에 관한 정수계획모형 기반의 배송경로계획은 배송경로계획 당시 화물의 적하 및 하역위치와 가까운 운행차량들의 이동위치 및 적재량 등을 배송경로계획 모형에 반영하기 때문에 기존 배송경로계획시스템에 비해 더 효과적인 배송경로계획 수립이 가능하다.

3. u-MDPDPTW

기존의 일반적인 PDPTW[21]는 차고지에 있는 여러 차량들이 각각 빈차로 차고지를 출발하여 n 개의 적하장소(i)에 있는 화물(q_i)을 각각 관련 하역장소($n+i$)에 배송하고 차고지로 돌아오는 최적의 배송경로(최단거리, 최단시간, 또는 최소비용)를 설정하는 문제이다. [그림 1]에서 경로 1은 운행 중인 차량이 현재위치 9에서 싣고 있는 화물을 하역장소 5와 6에 부리고 최종목적지로 이동하는

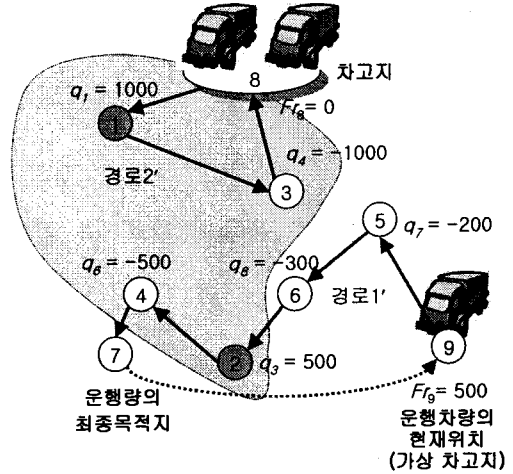
기존경로를 의미한다. 경로 2는 차고지 8을 출발하여 적하장소 1에서 하역장소 3으로, 그리고 적하장소 2에서 하역장소 4로 배송하고 차고지로 돌아오는 경로를 찾기 위해 PDPTW 모형으로 경로를 설정한 예를 나타내고 있다. F_{r_i} 는 i 지점을 떠날 때 차량이 적재하고 있는 화물의 총 적재량을 의미한다. q_i 의 값이 양인 경우는 적하를 의미하며, 음인 경우는 하역을 의미한다.



[그림 1] 운행 중인 차량을 포함하지 않은 배송경로

화물을 적재하고 운행 중인 차량을 동시에 고려해 보자. [그림 1]에서 운행 중인 차량이 9→5→6→7 경로로 운행 도중에 적하장소 2를 방문 후 하역장소 4로 화물을 배송하는 9→5→6→2→4→7의 배송경로를 갖는다면 총 배송경로가 줄어들 수 있을 것이다. [그림 2]는 [그림 1]의 경로 1과 2가 최소이동거리를 갖는 경로인 경로 1'과 2'로 변경된 예를 보이고 있다.

위와 같이 운행 중인 차량을 포함한 배송경로를 계획하기 위해서 MDVRPTW와 PDPTW 모형을 기반으로 하는 u-MDPDPTW 모형을 생각해 보자. u-MDPDPTW 모형을 위한 기본가정은 다음



[그림 2] 운행차량을 포함한 배송경로

과 같다.

- 차고지를 출발하는 차량은 차고지로 돌아온다.
- 운행 중인 각 차량들의 현재위치는 가상의 차고지로 한다.
- 각 운행차량의 최종목적지와 가상차고지의 가상경로([그림 2]에서 경로 1'의 점선)를 설정하여 배송경로의 흐름이 연결되도록 한다.
- 각 운행차량은 적재하고 있는 화물을 하역장소에 부린다.

u-MDPDPTW 모형화를 위해 다음과 같은 표기를 정의한다.

- i, j : 배송경로상의 적하와 하역장소 및 차고지.
- P^* : 적하장소, $\{1, 2, \dots, n\}$.
- P : 하역장소, $\{n+1, n+2, \dots, 2n\}$.
- v : 차량의 색인.
- V : 차량 집합, $\{1, 2, \dots, v, \dots, k, k+1, \dots, k+K\}$, k 는 차고지에 있는 총 차량 수이며 K

는 운행 중인 차량의 수.

V^* : 운행 중인 차량의 집합, $(k+1, \dots, k+K) \subset V$.

R : 차고지.

$l_{curr}[v]$: 운행 중인 차량($v \in V^*$)의 현재 위치,
 $l_{curr}[v] \in R$.

$L[v]$: 운행 중인 차량($v \in V^*$)이 적재하고 있는
화물이 하역될 기존 경로상의 하역장소.

$l_{dest}[v]$: 운행 중인 차량($v \in V^*$)이 방문하기로
되어 있는 기존 경로의 최종목적지,
 $l_{dest}[v] \in L[v]$.

U : 배송경로상의 모든 적하 및 하역장소들의
집합, $P^* \cup P^- \cup L[v]$.

W : 배송경로상에 있는 모든 장소들의 집합,
 $U \cup R$.

N : 차고지 외의 배송장소 수, $n(U)$.

M : 차고지의 수, $n(R)$.

a_i : 배송지 i 에서의 배송허용 시작시간.

b_i : 배송지 i 에서의 배송허용 마감시간.

D_v : 차량 v 의 적재용량.

c_{ij} : 배송지 i 와 j 간의 거리.

t_{ij} : 배송지 i 와 j 간의 차량이동시간, $c_{ij}/$ 차량운
행속도.

s_i : i 장소에서 배송서비스에 걸리는 시간으로
차량의 대기시간을 의미함.

q_i : i 장소에서 적하 또는 하역량.

g_v : 차량 v 의 운행 가능한 총 시간.

T_i : i 장소에 차량이 도착하는 시간 변수.

$T_{Start,v,i}$: v 차량이 i 차고지를 떠나는 시간 변수.

$T_{Arrival,v,i}$: v 차량이 i 차고지에 도착하는 시간 변수.

X_{vij} : 이진 변수로서, 배송지 i 에서 j 까지 경로가
설정되면 1을, 그렇지 않으면 0을 의미함.

$Z_{max,i}$: 각 차고지 i 에서 출발 가능한 차량의 최
대수.

Fr_i : 배송지 i 를 떠날 때 화물이 적재된 총량을

나타내는 변수.

Y_i : 임의의 실수를 나타내는 변수.

위의 표기를 바탕으로 총이동거리를 최소화 갖
는 배송경로를 설정하기 위한 u-MDPDPTW 모
형은 다음과 같다.

$$\text{Min } \sum_{v \in V} \sum_{i \in W} \sum_{j \in W} c_{ij} X_{vij} - \sum_{v \in V^*} C_{dest[v], l_{curr}[v]} X_v, l_{dest}[v], l_{curr}[v] \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{v \in V} \sum_{i \in U} X_{vij} = 1, \quad j \in U \quad (2)$$

$$\sum_{v \in V} \sum_{j \in U} X_{vij} = 1, \quad i \in U \quad (3)$$

$$\sum_{i \in W} X_{vih} - \sum_{j \in W} X_{vhj} = 0, \quad h \in W, v \in V \quad (4)$$

$$\sum_{i \in R} \sum_{j \in U} X_{vij} \leq 1, \quad v \in V \quad (5)$$

$$Y_i - Y_j + (M + N) X_{vij} \leq N + M - 1, \quad i, j \in U, i \neq j, v \in V \quad (6)$$

$$a_i \leq T_{Start,v,i} \leq b_i, \quad i \in R, v \in V \quad (7)$$

$$a_i \leq T_i \leq b_i, \quad i \in U \quad (8)$$

$$a_i \leq T_{Arrival,v,i} \leq b_i, \quad i \in R, v \in V \quad (9)$$

$$T_i + s_i + t_{i,i+n} \leq T_{i+n}, \quad u \in P^* \quad (10)$$

$$\text{if } X_{vij} = 1 \text{ then } T_{Start,v,i} + t_{ij} \leq T_j, \quad i \in R, j \in U, v \in V \quad (11)$$

$$\text{if } X_{vij} = 1 \text{ then } T_i + s_i + t_{ij} \leq T_w, \quad i \in U, j \in U, v \in V \quad (12)$$

$$\text{if } X_{vij} = 1 \text{ then } T_i + s_i + t_{ij} \leq T_{Arrival,v,j}, \quad i \in U, j \in R, v \in V \quad (13)$$

$$T_{Arrival,v,i} - T_{Start,v,i} \leq g_v, \quad i \in R, v \in V \quad (14)$$

$$\sum_{v \in V} \sum_{j \in U} X_{vij} \leq Z_{max,i}, \quad i \in R \quad (15)$$

$$Fr_i = q_i, \quad i \in R \quad (16)$$

$$\text{if } X_{vij} = 1 \text{ then } Fr_j = Fr_i + q_j, \quad i \in U, j \in P^-, v \in V \quad (17)$$

$$0 \leq Fr_i \leq C_v, \quad i \in W, v \in V \quad (18)$$

$$\sum_{j \in W} X_{vij} - \sum_{j \in W} X_{vj,i+n} = 0, \quad i \in P^-, v \in V \quad (19)$$

$$X_v, l_{dest}[v], l_{curr}[v] = 1, \quad v \in V^* \quad (20)$$

$$\sum_{i \in W} X_{vih} - \sum_{j \in W} X_{vhj} = 0, \quad h \in L[v], v \in V^* \quad (21)$$

$$X_{vij} \text{ binary}, \quad i, j \in W, v \in V \quad (22)$$

식 (1)은 차량 운행에 따른 총이동거리 최소화에 관한 목적함수를 의미한다. 두 번째 항은 운행 중인 차량의 최종목적지와 현재위치 사이의 실제 운행하지 않는 가상경로를 의미한다. 따라서, 첫 항에서 빼 주어 실제 이동거리를 계산한다. 식 (2)과 식 (3)은 적하 및 하역장소는 한 차량만이 한번 방문하는 제약을 의미한다. 식 (4)은 동일 차량이 각 배송지를 방문하고 떠나는 제약조건을 의미한다. 식 (5)은 차고지의 각 차량이 모두 반드시 출발해야 하는 것은 아님을 의미한다. 식 (6)은 Subtour를 방지하는 제약조건이다. 식 (7)~식 (9)은 각 배송지의 배송허용 가능시간을 의미한다. 식 (10)은 적하는 관련 하역장소보다 빨리 방문해야 함을 나타낸다. 식 (11)~식 (13)은 다음 방문장소의 방문 시간은 바로 이전 방문장소의 방문시간에 서비스 시간과 이동시간을 더한 값보다 커야 함을 의미한다. 식 (14)은 각 차량이 차고지를 출발하여 돌아오는 총 시간은 각 차량의 운행 가능한 시간보다 작아야 함을 나타낸다. 식 (15)은 각 차고지에서 출발 가능한 차량의 최대 수를 제한하는 제약이다. 식 (16)은 차고지에서 각 차량에 대한 초기 적재량을 나타낸다. 운행 중인 차량은 기존 배송경로에 대한 적하량을 가질 수 있다. 식 (17)은 방문지간 화물의 적재량 변화를 의미한다. 식 (18)은 각 차량이 화물 적재용량을 초과할 수 없음을 의미한다. 식 (19)은 적하장소 방문 후에 동일 차량이 해당 하역장소를 방문해야 함을 의미한다. 식 (20)은 운행 중인 차량의 최종 목적지와 현재 위치는 가상경로가 설정되어야 함을 의미한다. 식 (21)은 운행 중인 각 차량의 기존 배송경로는 그 차량에 의해 수행되어야 함을 의미한다. 식 (22)은 경로변수에 대한 이진조건을 나타낸다.

4. u-MDPDPTW 모형의 효과검정

u-MDPDPTW 모형의 타당성과 효과를 검정하기 위하여 [그림 1]과 같이 차고지(8)에서 출발하여 배송해야 할 배송장소(1, 2, 3, 4)와 운행 중인 차량(9)이 기존경로 1(5, 6, 7)을 따라 움직이는 상황을 생각해 보자.

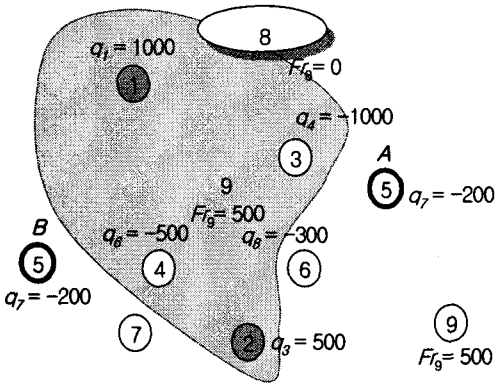
모든 차량은 최대운행시간이 9시간(g_v), 적재용량은 3,000kg(D_v), 운행속도는 100km/h로 가정한다. 그리고, 차고지를 제외한 각 배송지점에서의 배송서비스 시간은 0.5시간(s_i), 모든 배송장소에서 배송허용 시작시간(a_i)과 마감시간(b_i)은 9:00~18:00시로 제한한다.

각 배송지점간 거리(c_{ij})는 <표 1>과 같다. $c_{51} \sim c_{59}$ 는 운행차량의 하역위치(5)와 각 배송지점 간의 거리를 의미한다. 본 연구에서는 운행차량의 한 하역위치(5)를 변화하면서 기존 PDPTW 모형과 본 연구의 u-MDPDPTW 모형을 비교하고 본 연구의 효과를 검정하기로 한다.

<표 1> 배송지점간 거리(단위: km)

지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	66	46	43	c51	61	57	36	100
2		0	44	29	c52	22	30	72	54
3			0	44	c53	25	58	32	55
4				0	c54	38	16	61	78
5					0	c56	c57	c58	c59
6						0	47	56	41
7							0	78	84
8								0	83
9									0

[그림 3]은 운행차량의 하역지점(5)을 A와 B 위치에 두었을 때, 위치의 변화를 나타낸다. A지점은 [그림 1]과 [그림 2]에서 기술한 지점이다.



[그림 3] 하역지점(5)의 변화(A, B 위치)

하역지점(5)의 위치에 따라 배송지점간 거리를 나타내면 <표 2>와 같다. 각 위치별로 PDPTW와 u-MDPDPTW 모형을 이용하여 각 최적배송경로의 총배송거리를 찾고, 이로부터 u-MDPDPTW에 의한 단축 배송거리와 배송거리 단축율을 계산하였다. 단축율은 PDPTW 모형의 총배송거리에 대한 두 모형간 총배송거리 차이의 비율을 의미하며 식 (23)과 같이 표현된다.

$$u\text{-MDPDPTW 모형에 의한 배송거리 단축율}(\%) = \frac{(\text{총배송거리}_{\text{PDPTW}} - \text{총배송거리}_{\text{u-MDPDPTW}}) \times 100}{\text{총배송거리}_{\text{PDPTW}}} \quad (23)$$

u-MDPDPTW 정수계획모형을 풀기 위해서 LINGO 8.0을 이용하였다. 하역지점 A 위치에 대한 실험결과를 분석하면, 운행차량을 포함하지 않는 기존 PDPTW 모형의 결과, 운행차량의 경로 1은 9→5→6→7이며, 차고지에서 출발하는 차량의 경로 2는 8→1→2→4→3→8로서 총 이동거리가 317(km)이다. 운행경로는 [그림 1]과 같다.

한편, 운행차량을 포함한 u-MDPDPTW 모형을 이용한 결과, 운행차량의 경로 1'은 9→5→

<표 2> 운행차량의 위치에 따른 배송지점간 거리 및 모형별 배송거리(단위 : km)

		A	B
배송 지점간 거리	C51	70	49
	C52	51	58
	C53	24	72
	C54	62	32
	C56	28	70
	C57	74	29
	C58	48	80
	C59	35	108
	PDPTW	경로	9→5→6→7, 8→1→2→4 →3→8
총배송 거리		317	347
u-MDPDPTW	경로	8→1→3→8, 9→5→6→2 →4→7	8→1→3→8, 9→6→2→4 →5→7
	총배송 거리	244	267
u-MDPDPTW에 의한 단축 배송거리		73	80
u-MDPDPTW에 의한 배송거리 단축율		23.0%	23.1%

6→2→4→7이며, 차고지에서 출발하는 차량의 경로 2'는 8→1→3→8로서 총 이동거리가 244(km)이다. 운행경로는 [그림 4]와 같다. u-MDPDPTW 모형의 결과, 실제 이동거리가 73(km) 만큼 줄었으며, 배송거리의 단축율은 23%가 된다.

총배송거리는 배송지점과 차량의 위치에 따라 달라지며, u-MDPDPTW 환경은 항상 기존 PDPTW 환경에 비해 총배송거리가 짧거나 같은 배송경로를 설정하게 된다. 같은 경우는 u-MDPDPTW 모형이 기존 PDPTW와 같은 배송경로를 찾은 경우이며, 더 짧은 경로가 있다면 새로운 경로를 찾아주게 된다.

5. 결론

본 연구는 유비쿼터스 환경에서 공급망관리의 효율을 제고하기 위하여 이동차량을 고려한 다중 차고지 기반의 적하와 하역의 배송경로계획을 위한 혼합정수계획모형인 u-MDPDPTW를 제안하였다. u-MDPDPTW는 기존모형인 PDPTW에 비해 이동거리를 최소화하기 위하여 운행 중인 차량을 이용하기 때문에 항상 더 최적화된 배송경로를 계획하게 된다.

본 연구의 실용성을 보이기 위하여 실험을 통하여 운행 중인 차량을 배송경로계획에 반영하는 것이 기존 모형의 결과보다 더 효과적임을 보였다.

MDPDPTW 모형은 NP-hard 문제[19]로서, 배송지점이 증가할수록 문제를 푸는 실행시간이 크게 증가하게 되어, 실제 기업에서 실시간적인 상황에서 서비스를 하기 위해서는 NP-hard 문제를 푸는데 우월한 접근법인 GA[14]를 이용하는 것도 하나의 대안이 될 수 있다.

u-MDPDPTW는 유비쿼터스 환경에서 송화주, 수화주, 차량, 화물 등의 정보를 기반으로 한 배송 경로계획서비스를 위한 u-Delivery 허브내에서 u-Delivery Routing 에이전트시스템의 모형으로 활용 가능하다. 향후, u-Delivery 허브 및 u-Delivery Routing 에이전트시스템의 프레임워크와 상황인식 체계에 대한 연구가 요구된다.

참고문헌

[1] Abowd, G. D. et al., "Cyberguide: A Mobile Context-aware Tour Guide", *ACM Wireless Networks*, Vol.3(1997), 421~433.
 [2] Baldauf, M., Dustdar, S., and Rosenberg, F.

"A Survey on Context-aware Systems", *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, forthcoming(2007).
 [3] Bauer, M., Becker, C., and Rothermel, K., "Location Models from the Perspective of Context-Aware Applications and Mobile Ad Hoc Networks", *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol.6, No.5-6(2002), 322~328.
 [4] Beigl, M., "MemoClip: A Location-based Remembrance Appliance", *Personal Technologies*, Vol.4, No.4(2000).
 [5] Bellmore, M., and Nemhauser, G. L., "The Traveling Salesman Problem: A Survey", *Operations Research*, Vol.16(1968), 538~558.
 [6] Borriello, G., LaMarca, A., and Nixon, P., "Delivering REAL-WORLD Ubiquitous Location systems," *Communication of the ACM*, Vol.48, No.3(2005), 36-41.
 [7] Brown, P. J., Bovey, J. D., and Chen, X., "Context-Aware Applications: From the Laboratory to the Marketplace", *IEEE Personal Communications*, Vol.4, No.5(1997), 58~64.
 [8] Cheverst, K. et al., "Developing a Context-aware Electronic Tourist Guide: Some Issues and Experiences", *Proceedings of the CHI 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems*(2000).
 [9] Dey, A. K., and Abowd, G. D., "Towards a Better Understanding of context and context-awareness", Technical Report GIT-GVU-99-22, Georgia Institute of Technology, College of Computing(1999).
 [10] Galanxhi-Fanaqi, H., and Nah, F. F., "U-Commerce: Emerging Trends and Research Issues", *Industrial Management and Data Systems*, Vol.104, No.9(2004), 744~755.
 [11] Gellersen, Hans-W., Schmidt, A. and Beigl, M., "Multi-Sensor Context-Awareness in

- Mobile Devices and Smart Artifacts”, *Networks and Applications*, Vol.7(2002), 341~351.
- [12] Gershman, A., and Fano. A., “Examples of Commercial Applications of Ubiquitous Computing”, *Communication of the ACM*, Vol.48, No.3(2005), 71.
- [13] Ibaraki, T. et al., “Effective Local Search Algorithms for Routing and Scheduling Problems with General Time-window Constraints”, *Transportation Science*, Vol.39(2005), 206~232.
- [14] Jin, W.-R., Kao, C.-Y., and Hau, J. Y.-J., “Using Family Competition Genetic Algorithm in Pickup and Delivery Problem with Time Window Constraints”, *Proceedings of the 2002 IEEE, International Symposium on Intelligent Control*, Vancouver, Canada (2002). 496~501.
- [15] Johnson, M. E., “Ubiquitous Communication: Tracking Technologies within the Supply Chain”, Forthcoming in *Logistics Engineering Handbook*, CRC Press, G. D. Taylor editor(2006).
- [16] Keegan, S., and O’Hare., “EasiShop : Context Sensitive Shopping for the Mobile User through Mobile Agent Technology”, *Proceedings of 13th PIMRC*, IEEE Press, Portugal(2000).
- [17] Kulkarni, R. V., and Bhave, P. R., “Integer Programming Formulation of Vehicle Routing Problems”, *European Journal of Operational Research*, Vol.20(1985), 58~67.
- [18] Lee, H. J. and Sohn, M. M., “Context-Aware Product Bundling Architecture in Ubiquitous Computing Environments”, *Proceedings of the Ninth Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence* (2006).
- [19] Lenstra, J., and Kan, A. R., “Complexity of Vehicle Routing and Scheduling Problems”, *Networks*, Vol.11(1981), 221~228.
- [20] McLaren, T. S., Head, M. M. and Yuan Y. (2004)., “Supply chain management information systems capabilities. An exploratory study of electronics manufacturers”, *Information Systems and E-Business Management*, Vol.2, No.2-3(1981), 207~222.
- [21] Reynolds, J. *Logistics and Fulfillment for e-Business - A Practical Guide to Mastering Back Office Functions for Online Commerce*, CMP Books, New York(2001).
- [22] Schmidt, A. et al. “Advanced Interaction in Context”, *Proceedings of the First International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, HUC’99, Springer Verlag, Germany(1999), 89~101.
- [23] Solomon, M. M., and Desrosiers, J., “Time Window Condrained Routing and Scheduling Problems”, *Transportation Science*, Vol.22, No.1(1998), 58~67.
- [24] The Transportation News, http://www.gyotongn.com/theme/theme_list.html?no_theme=5740, 2004.2.18.
- [25] Want, R. et al., “The Active Badge Location Systems”, *ACM Transactions on Information Systems*, 10, No.1(1992), 91~102.

Abstract

Vehicle Routing Based on Pickup and Delivery in a Ubiquitous Environment : u-MDPDPTW

Yong Sik Chang* · Hyun Jung Lee**

MDPDPTW (Multi-Depot Pickup and Delivery Problem with Time Windows) is a typical model among the optimization models based on the pickup and delivery flow in supply chains. It is based on multi-vehicles in multi-depots and does not consider moving vehicles near pickup and delivery locations. In ubiquitous environments, it is possible to obtain information on moving vehicles and their baggage. Providing the proper context from the perspective of moving vehicles and their baggage allows for more effective vehicle routings. This study proposes Integer Programming-based MDPDPTW including the information on moving vehicles and their baggage in a ubiquitous environment: u-MDPDPTW, and shows the viability and effectiveness of u-MDPDPTW through comparative experiments of MDPDPTW and u-MDPDPTW.

Key words : Supply Chain, Vehicle Routing, Integer Programming, Ubiquitous, u-MDPDPTW

* Department of e-Business, Hanshin University

** Sungkyun Institute of Management Research, Sungkyunkwan University