

# TSP 알고리즘을 이용한 RFID 택배 배송 경로 설정

김상윤, 유재봉, 유범정, 박찬영  
한림대학교  
e-mail:pksoftz@hallym.ac.kr

## Determining a Parcel Delivery Route with RFID technology using TSP Algorithm

Sang-Yoon Kim, Jae-Bong Yoo, Beom-Jeong Yoo, ChanYoung Park  
Dept. of computer Science, Hallym University

### 요 약

2008 년 7 월 인터넷 기사에 “살인적 노동, 택배 배송직원의 하루” 라는 글이 올라왔다. 하루 16 시간을 뛰어 다녀야 하는 배송직원들은 자신이 배달하는 지역별로 차에 물건을 싣는 동시에 배송지역을 지도로 확인하는 작업까지 해야 한다. 그리고 배달경로 설정 또한 전적으로 그 지역 배송직원의 개인적인 노하우에 의존하여 이루어진다는 것이다. 본 연구에서는 물건의 배송정보가 RFID 에 저장되어 있다는 가정하에 지리정보시스템과 TSP(Traveling salesman problem)을 이용하여 차에 실려있는 물건의 배송지역을 디스플레이해주고 다수의 경유지를 최소 거리와 최소 시간에 방문할 수 있는 시스템을 제안한다.

### 1. 서론

택배는 일상생활의 필수품이 되면서 오래다. IT(Information Technology)분야의 기술이 발전될수록 전자상거래를 통한 상품구매가 늘어나면서 택배에 대한 관심은 점차 높아지고, 택배물량 또한 많아지고 있는 추세이다. 택배 서비스는 빠르고 안전하게 배송되는 것을 중요한 요소로 생각하고 있다. 또한 경제적인 면도 고려해야 한다. 그러나 빠르고 정확한 장소로의 배송은 전적으로 택배 배송사원만의 몫이다.

현재 운영되고 있는 택배 시스템은 이러하다. 모든 택배 화물은 일단 대전 허브터미널에 도착하여 각 지역별로 분류된다. 그리고 다시 간선 차량에 실려 배송지역 별로 또 다시 분류된다. 오늘의 배송 직원은 하차 배송지도를 보며 배송할 지역과 중간에 경유해야 하는 지역의 상품을 확인하고, 화물을 순차적으로 싣고, 운송장을 정리함과 동시에 배송 직원의 머릿속에 배송 순서와 지역 안내를 끝으로 터미널을 출발한다. 배송 직원이 하루 평균 배달 해야 하는 물량은 평균 100~150 개 정도이다. 그러나 명절과 같은 경우, 물량은 일일 평균 두배로 증가한다. 이에 따라 배송사원은 많은 양의 주소와 위치, 최단 경로까지 숙지하고 있어야만 한다. 또한 기업은 배송지연으로 인한 고객서비스의 불만을 초래하게 된다.

본 연구에서는 RFID 태그를 이용하여 배송 정보를 읽어 지리정보시스템에 디스플레이를 한 후, TSP(Traveling salesman problem) 이용한 다수의 경유

지를 최소 거리와 최소 시간에 방문할 수 있는 시스템을 제안하였다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 GIS (Geographic Information Systems)

GIS 의 대표적인 알고리즘은 최단 경로 알고리즘이다. 출발지로부터 도착지사이의 가능한 모든 경로는 조사하고 최소비용을 가진 경로는 선택하는 알고리즘이다. 지금까지 개발된 최단경로 알고리즘 중에서 대표적인 알고리즘으로는 E.F Moore 의 알고리즘, Dijkstra 의 알고리즘, Floyd and Warshall 알고리즘이 있다[1]. 이 중에서 Dijkstra 알고리즘은 하나의 출발지로부터 여러 목적지로의 최단경로는 찾는 알고리즘으로, 가장 효과적인 알고리즘으로 인정받고 있다. 이들 알고리즘은 출발지와 목적지간의 최단경로만을 찾아내는 것으로, 목적지가 다수일 경우 어느 목적지를 우선적으로 방문할 것인가에 대한 문제는 해결 할 수 없다. 이러한 문제는 Traveling Salesman Problem 으로 해결이 가능하다.

#### 2.2 Traveling Salesman Problem

Traveling Salesman Problem 는 가지(i,j)의 비용이 Cij 로 주어진 네트워크 G(N,A)에서 모든 마디 n 개를 한 번씩만 방문하고 출발점으로 돌아오는 최소비용의 해밀턴순환(Hamiltonian Cycle)를 찾아내는 문제이다[2].

TSP 는 조합 최적화 문제 중에서도 가장 대표적인 순서문제로서 분할문제, 승무원문제, 차량경로문제, 일정계획, 조합라인 밸런싱 등 스케줄링문제에서 다양하게 응용될 수 있는 전형적인 네트워크문제이다

[3][4][5].

TSP 는 일반적으로 다음과 같은 조건을 가지는 할당문제로 정형화하고 이를 반복하여 풀며 점진적으로 최적 해를 탐색함으로써 해결할 수 있다[6].

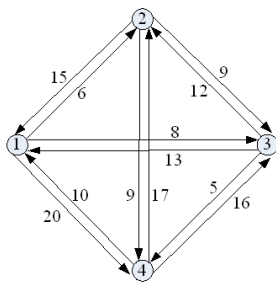
$$\begin{aligned} \text{Min: } Z &= \sum C_{ij} \times X_{ij} \text{ for } i, j (i, j = 1 \text{ to } n) & (1) \\ \text{s.t. } \sum X_{ij} &= 1 \text{ for } i (i \neq j, i = 1 \text{ to } n) & (2) \\ \sum X_{ij} &= 1 \text{ for } j (i \neq j, j = 1 \text{ to } n) & (3) \\ \sum X_{ij} &\leq |S| - 1 \text{ for } i, j (i, j = 1 \text{ to } n) & (4) \end{aligned}$$

여기에서  $X_{ij}$  는 마디(node)간의 연결을 나타내는 가(arc)이고,  $C_{ij}$  는 비용,  $n$  은 마디의 크기이다. 그리고  $S$  는 전체순환을 이루는 전에 제자리로 되돌아오는 부분순환의 집합,  $|S|$  는 그 집합의 크기(마디수)이다.

그러나 지금까지 TSP 는 모든 아이디어로부터의 도전을 무색하게 하고 있는 실정이다. 그 주요원인은 바로 위의 식(4)에 있다. 부분순환을 방지하기 위해 이식이 추가되면서 문제의 크기가 폭발적으로 커지며 모든 해가  $\{0,1\}$  라는 것을 보장받지 못하게 된다. 지금까지 TSP 를 위한 수많은 방법들이 최적 해를 찾는데 실패한 결정적인 이유는 바로 이러한 문제크기의 급격한 팽창 때문이었다[7].

2.3 TSP 알고리즘[8]

TSP 알고리즘은 다수의 경유 목적지를 거칠 때 총비용거리가 최소화 되는 경로를 선정하는 알고리즘이다. TSP 는 다양한 알고리즘이 개발되어 왔으나, 그중에서 네트워크의 그래프 이론을 이용한 알고리즘이 GIS 분야에서 이용되고 있다. 하나의 출발지점과 다수의 경유지, 각 노드쌍 사이의 장애요소 값을 산정하여 이용한다. 네트워크에 참여된 노드간 장애요소 값을 계산하여 총 장애요소 값을 최소로 하는 노선을 찾아내는 것이다. 다음의 [그림 1]의 네트워크를 예들 들어 TSP 알고리즘을 수행하여 해결하는 과정은 다음과 같다.



[그림 1] TSP 네트워크의 예

제 1 단계로 각 지점간의 비용 매트릭스를 구성한다. 비용 매트릭스는 각 노드 간의 직접 이동비용을 행렬의 행태로 표현한 것이다. 이때 두 노드 간에 경로가 직접 연결되어 있지 않으면 무한대의 값으로 이동비용을 부여한다. 표 1 는 그림 1 의 비용거리를 매트릭스로 표현한 예이다.

<표 1> 지점간 비용 매트릭스 산출

		목적 Node			
출발 NODE		1	2	3	4
1		0	6	8	20
2		15	0	12	9
3		13	15	0	5
4		10	17	16	0

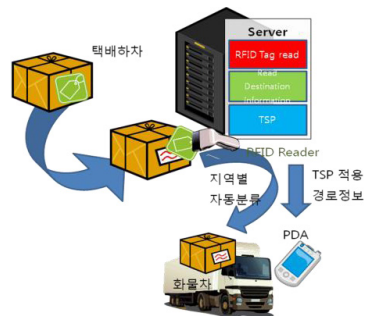
제 2 단계로 각 경로마다 장애요소 값을 계산하고 최대 장애요소 값을 가지는 경로는 최소비용 경로로 선택한다. 구체적으로는 다음의 과정을 반복한다. 첫째, 각 열(row)의 최소값을 추출하고 각 링크 값에서 즉, 매트릭스의 각 셀 값에서 해당열의 최소값을 뺀다. 둘째 각 행(column)의 최소값을 추출하고 각 링크 값에서 해당 행의 최소값을 뺀다. 셋째, 0 의 값을 가지는 셀의 해당 열과 행에서 자기 자신을 제외한 나머지 중 최소값을 추출한다. 넷째, 해당 행\*열에서 최소값으로 추출된 셀의 값을 더하여 0 값을 가지고 있는 셀에 장애 요소값(impediment)으로 할당한다. 다섯째, 가장 큰 장애 요소 값을 가지는 셀의 노선을 최소비용경로를 구성하는 경로로 선택한다.

제 3 단계로 비용 매트릭스를 새롭게 구성 하고 모든 경로가 선택될 때까지 제 1 단계부터 반복한다. 최소비용경로 선택된 노선의 해당 열과 행을 삭제하고 각 지점간의 비용 매트릭스를 새롭게 구성한다. 새로이 구성된 매트릭스를 이용하여 다시 첫 경유지 간 최소거리 값 추출절차를 반복한다.

TSP 알고리즘은 이상의 반복절차를 통해 추출된 노선들을 연결하여 전체 가중치(총 순회시간)가 최소가 되는 최종 경로를 찾아내는 것이다.

3. 시스템

시스템은 크게 서버, RFID Reader, RFID Tag, PDA 로 구성된다. 본 시스템은 택배에 RFID Tag 를 사용하여 고객의 정보가 저장되어 있다는 전제로 한다.



[그림 2] 시스템 구성

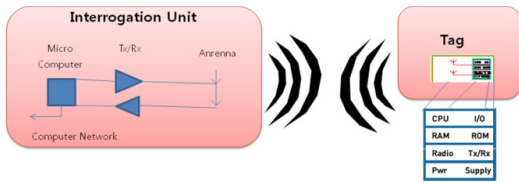
전체 시스템은 택배에 붙어있는 RFID tag 에 택배정보를 RFID reader 가 수집한 정보를 서버에 보낸다. 이때 택배는 지역별 차량에 자동 분류되어 차량에 실어진다. 서버에 수집된 택배의 도착지점들을 해당 택배

사원의 PDA 에 전송을 해주고, 분류 작업이 완료되면 서버에서는 최종 수집된 정보를 TSP 를 이용하여 경로를 탐색한다. 탐색이 완료되면 최종 경로를 해당 지역 택배사원의 PDA 에 설정된 최종 경로를 전송 하게 된다. PDA 는 수신받는 정보를 가지고 택배 직원에게 길안내를 시작한다.

3.1 RFID Reader

RFID(Radio Frequency Identification)는 자동인식 기술의 하나로써 데이터 입력 장치로 개발된 무선으로 통하는 인식 기술이다. Tag 안에 물체의 정보를 담아 놓고 Reader 와 Antenna 를 이용해서 Tag 를 부착한 물건, 사람 등을 관리, 추적할 수 있는 기술이다.

동작원리는 그림 3 과 같이 특정 주파수로 변조한 데이터를 안테나를 통해 방출 전자장을 형성한다. 전자장 형성 영역 내 Tag 는 전자 유도 결합으로 생성된 전력으로 동작하게 된다.



[그림 3] RFID 동작원리

본 시스템에 사용하는 한백전자(주)의 RFID Reader 로써 13.56MHz 의 고주파를 사용하고 실제 인식거리는 10Cm 정도이다. 택배물에 RFID Tag 가 부착되면 RFID Reader 는 Tag 정보를 읽어서 서버로 전송하게 된다.

3.2 Server

서버는 RFID Reader 로부터 받아온 정보를 저장하고 물품 분류가 끝나면 지역별로 TSC 알고리즘을 이용하여 경로를 설정한다. 배송지와 설정된 경로는 해당 지역의 배송직원의 PDA 에 전송된 후 화면에 표시된다.

3.3 PDA 디스플레이

서버로부터 받아온 Tag 정보를 지도 위에 표시한다. 그 다음 TSP 알고리즘을 이용하여 최종 설정된 경로를 [그림 4]처럼 PDA 화면에 디스플레이 해준다.



[그림 4] 택배직원이 소유한 PDA

4. 개발환경

다음 표 2 는 본 시스템에 개발환경이다.

표 2. 개발환경

	OS	사양
Server	LINUX Kernel 2.6.x	I Intel Core 2 1.86GHz Samsung 2GB Ram gcc 3.2.2 Compiler MySql 5.0.27
PDA	Windows CE	Visual Studio 2008 (C#)

5. 결론

본 연구는 RFID 와 택배의 도착지의 정보를 이용 TPS 알고리즘을 사용하여 다수의 목적지를 한번씩만 경유하는 시스템을 제안하였다. 이에 따라 배송 시간과 거리를 단축하여 배송 비용을 절약하였으나, 목적지의 개수가 증가함에 따라 경로 설정을 하는데 많이 시간이 소요된다는 단점이 있다. 그 이유는 TPS 는 NP-hard 문제점이기 때문에 동적 프로그래밍이 필요하다. 향후 연구 과제로는 TPS 를 사용하여 경로 설정 시간을 줄이기 위하여 개선된 TPS 를 연구할 것이다.

Acknowledgements

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참고문헌

- [1] Dijkstra, E.W., "A note on two problems in connection with graphs", Numerische Mathematik, 1, pp.269-271, 1959
- [2] 김현태, 권상호, 지영근, 강맹규, "비대칭 외판원문제에서 호의 후보집합결정문제", 한국경영과학회지 28 권 2 호, pp. 129-138, 2003
- [3] Greiner M., "The importance of power-tail distributions for modeling queuing system", Operations Research, Vol.47, pp313-326, 1999
- [4] Ozgur C.O. and Brown J.R., "A Rwo-Stage Traveling Sales Procedure for the Single Machine Sequence-Dependent Scheduling Problem", Omega, Vol.23, No.2, pp 205-219, 1995
- [5] Reinelt G., "The Traveling Salesman Problem", Springer Verlag, 1994
- [6] Fischetti M., Toth P, "A Polyhedral Approach to the Asymmetric Traveling Salesman Problem", Management Science Vol.43, No.11, pp1520-1536, 1997
- [7] Paek G., "Polynomial constraints to eliminate the sub-tours for the Traveling Salesman Problem", Sun Moon Journal of Social Sciences, Vol.3, pp.221-242, 2002
- [8] Young-A, Jung and Cha Yong, Ku, "The Development of a Tour Route Guidance System Using a Traveling Salesman Problem Algorithm", The Journal of GIS Association of Korea, Vol. 11, No 3, pp. 275-289, 2003.