

화물의 운송형태에 따른 최적경로 알고리즘의 평가

A study about evaluation of optimal path algorithm with type cargo transport

허진수

(한양대학교, 석사과정)

강경우

(한양대학교, 교수)

김응이

(한서대학교, 전임강사)

Key words : 화물운송, 최적경로 알고리즘, 화물운송 형태

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경과 목적
2. 연구의 범위 및 수행방법

3. 자료의 전처리 및 통행비용의 산정
4. 시나리오 적용 결과

II. 본론

1. 문헌고찰
2. 화물운송형태의 설정

III. 결론

IV. 참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경과 목적

교통량의 급속한 증가와 화물운송의 증가에 따른 혼잡과 정체로 높은 물류비용이 지출되면서 이를 해결하는 것이 화물운송의 중요한 요인으로 인식되고 있다. 특히 물류비용중 운송비용이 차지하는 비율이 2001년 68.1%에서 2002년에는 72.7%로 매년 증가 추세를 보이고 있으며, 최근에는 국가 물류비가 다시 증가하고 있는 추세이다.

또한 화물운송시장은 교통체증으로 인한 높은 혼잡비용으로 연간 12조원에 이르는 물류비의 손실을 나타내고 있으며, 높은 공차거리율과 적재효율의 저하 등으로 고비용 저효율의 운송특성을 나타내고 있다¹⁾. 이에 첨단기술을 도입하여 효율적인 운송이 가능하도록 많은 노력을 기울이고 있다.

그러나 이전의 화물의 운송에서는 교통정보 및 도로정보 등에 의한 계획된 운송보다는 화물차량 운전자의 경험에 의하여 경로를 선택하고 화물을 운송하여 왔으며, 최근 네비게이션등의 경로안내 장치의 보급으로 이를 이용하는 화물차량 운전자들이 많이 증가하고 있지

만, 이들 경로 안내장치들은 경로를 위주로 안내를 하기 때문에 교통상황이나 도로상황을 반영하지 못하고 있는 실정이다.

화물차량의 최적경로 산출 문제는 TSP(Traveller Saleman Problem), VRP(Vehicle routing Problem)등 산업공학측면에서 많이 다루어지고 있으며, 다양한 상황에 따라 많은 연구가 이루어져 있다. 그러나 교통상황보다는 재고량 또는 차량배차 등의 관점에서 많이 다루어지고 있다.

이에 본 연구에서는 GIS 기반 시뮬레이션 프로그램인 TransCAD를 이용하여 교통상황을 반영하여 화물을 운송하는 경로를 산출하고 경로산출에 사용된 기존의 최적경로 알고리즘을 비교 평가 해보고자 한다.

2. 연구의 범위 및 수행방법

본 연구에서는 2002년도 Emme/2 전국도로 Network와 승용차, 버스, 화물 OD를 이용하였으며, 이를 TransCAD에 입력 분석하였다.

화물의 운송형태는 지역내 화물운송, 지역간 화물운송, 컨테이너 화물운송의 세가지의 형태로 나누어 실제 화물차량이 이동가능한 경로를 고려하여 Network를 재구성하여, Shortest Path Algorithm 과 TSP를 사용하여 분석하였으며, 효과적도로는 운송시간, 운송거

1) 교통개발연구원 1999

리, 운송비용을 사용하였다.

본 연구의 수행과정은 다음과 같다.

- (1 단계) Emme/2 Network 및 OD를 TransCAD에 입력
- (2 단계) TransCAD에 입력된 자료의 전처리
- (3 단계) 화물운송형태별 Network 구성
- (4 단계) TSP 및 Shortest path algorithm을 이용하여 최적경로 산출
- (5 단계) 결과 분석

II. 본 론

1. 문헌고찰

기존의 최적경로 산정에 관한 연구는 다양한 알고리즘을 사용하여 연구한 사례들이 많이 있으며, 특히 GIS를 사용하여 운송경로 산정에 관한 연구는 위험물 차량을 중심으로 활발하게 연구가 진행되고 있다. 또한 각 연구에서는 분석의 목적과 대상에 따라 다양한 기준을 제시하고 있다. 그 기준을 살펴보면 운송거리 최소화, 운송비용 최소화, 운송시간 최소화, 사고 및 위험 노출의 최소화로 정리될 수 있으며, 한가지 기준이 아닌 다목적 기준을 고려하는 것을 제시하고 있다.

먼저 Erhan erkut et al.(1998)은 여러 가지 목적함수의 값을 최소화하는 방법으로 위험도를 분석 위험물 수송차량의 수송경로를 도출하였는데, 수송경로 도출방법으로는 Minimizing traditional risk, minimizing incident rate, minimizing population exposure 방법을 사용하였으며, minimizing incident rate 방법으로 경로 탐색시 최단거리를 이용하려는 특성을, minimizing population exposure의 방법으로 경로 탐색시 인구밀 집지역을 회피하려는

경로는 이용하려는 특징을 파악하였다.

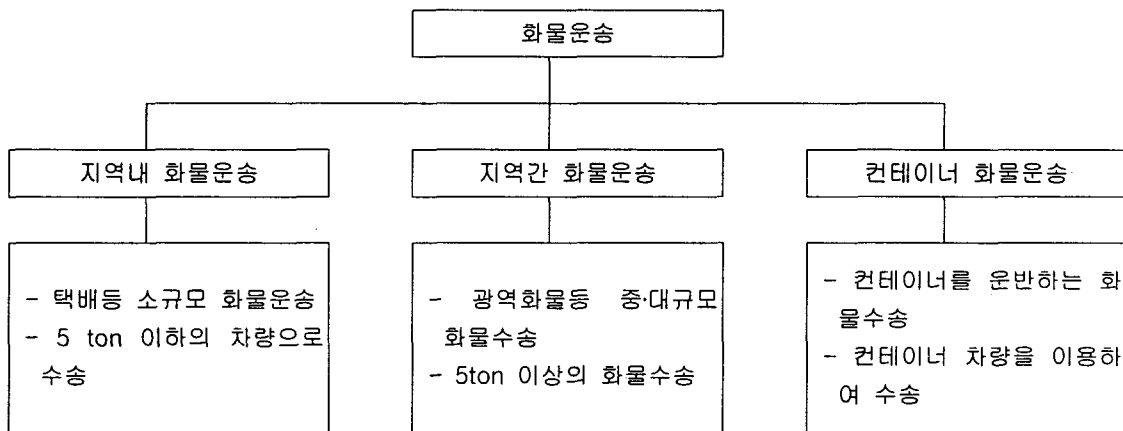
Hirofumi Ohnishi의 (1997)의 연구에서는 Dijkstra 알고리즘에 기본을 두고 출발지와 똑같이 양쪽 부분에서 동시에 동심원을 그리면서 계산해오는, 양방향 탐색 알고리즘을 사용하였으며 VICS에 의해 제공되어지는 정보로 동적최적경로를 계산하였다. 연구에 사용된 양방향 탐색 알고리즘은 출발지와 목적지로부터 중심 원을 설정하여 연속적으로 계산한 후 모든 방향으로 원을 그리면서 나아가다가 두 원이 만나면 계산이 끝나게 된다. 이 알고리즘은 완벽한 최적경로를 제공하지는 않지만, 출발지와 도착지등의 최소한의 자료만으로 최적 경로를 산출하도록 설계되었다.

J. Barceló 외(1999)의 연구에서는 AIMSUN2 Microsimulator를 이용하여 Barcelona시의 도로 네트워크를 947구획과 401노드, 147 centroid로 구성하여 실제 도시 망에 대한 시뮬레이션 결과를 예측하였고 시뮬레이션을 실시한 결과 Dijkstra label setting 알고리즘이 가장 효율적인 방법으로 모든 도착지에 대해 시작점으로부터 최단경로를 제공해주는 것으로 파악하였다.

국내의 경우 장봉용(1996)의 연구에서는 GIS 프로그램을 이용하여 구로구와 양천구를 대상으로 안전을 기준으로 최적경로를 산정한바 있고, 조용성, 오세창(1999)의 연구에서는 기존의 위험도를 최소화라는 경로가 아닌 통행시간까지 고려하는 다목적계획 모형을 통한 위험물수송 경로를 산정하였다

2. 화물운송형태의 설정

- 화물의 운송형태는 3가지로 구분하여 구성하였다.
- 지역내 화물운송



<그림 1> 화물운송형태 구분

지역내 화물운송형태는 택배, 소규모 화물운송, 이사짐 등 지역내 다양한 곳에 화물의 수배송이 가능한 형태이며, 이들 화물을 수송하는 차량으로는 5ton이하의 화물차량을 이용하여 수송한다. 또한 이들 화물차량은 도시내 거의 모든 도로를 통행한다.

- 지역간 화물운송

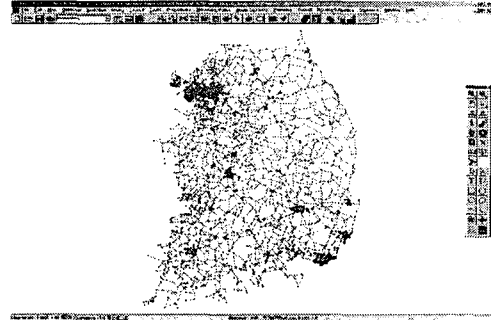
지역간 화물운송형태는 광역화물로서 주로 화물터미널을 중심으로 이동하는 화물수송형태이다. 이들 화물을 수송하는 차량으로는 5ton 이상의 대형화물차량을 이용하며, 이들 화물차량은 국도, 고속도로 및 도시고속화 도로를 통행한다.

- 컨테이너 화물운송

컨테이너를 화물운송형태는 초대형 화물을 운송하는 형태로 주로 항만을 중심으로 컨테이너 차량을 사용하여 이동한다. 이들 화물차량은 고속도로 및 2차로 이상의 국도를 통행한다.

누락되는 용량과 통행시간 및 BPR 계수는 VDF를 이용하여 보정하였다.

교통량은 버스, 화물차량, 승용차의 하루 OD를 사용하여 TransCAD에 Import 시키며, OD자료는 버스, 화물차량, 승용차순으로 Network에 Assign 하여 각 링크의 통행시간, 통행속도, 통행량을 산출하게 된다.



<그림 2> TransCAD Network 입력화면

화물의 경로 탐색기법으로는 전통적인 Dijkstra 알고리즘을 사용하고 있는 Shortest Path Algorithm과 TSP를 사용하였으며, 각각의 Algorithm을 사용하여 운송거리 최소화, 운송시간 최소화, 운송비용 최소화하는 경로를 탐색하였다.

2) 도로 Network의 세분화 및 통행비용의 입력

화물의 운송형태(지역내 화물, 지역간 화물, 컨테이너 화물)에 따라 Network를 세분화시키며 각 Network별로 Assign된 결과 Matrix에서 운송비용을 산정한다.

3. 자료의 전처리 및 통행비용의 산정

1) 자료의 전처리 과정

도로 Network는 시군도, 지방도, 국지도, 국도, 고속도로, 도시고속화도로, 고속도로 연결램프, 센트roid 컨넥터로 구성되며 TransCAD에 Import하는 과정에서

$$\text{차량운송비용} = \text{속도별 차량운행비용 원단위} * \text{링크의 길이} + \text{화물차량운전자의 시간가치} * \text{통행시간} \quad (\text{식 1})$$

운송비용의 산정은 차량의 운행비용과 화물차량 운전자의 통행시간비용을 이용하여 산정하였으며, 화물차량

< 표 1 > 속도별 차량운행비 (단위 : 원/km)

차종	속도	운행비용	차종	속도	운행비용	차종	속도	운행비용
소형트럭	10	191.29	중형트럭	10	261.73	대형트럭	10	524.26
	20	153.60		20	218.59		20	439.03
	30	128.85		30	194.32		30	363.13
	40	114.29		40	175.11		40	307.74
	50	110.33		50	169.29		50	278.98
	60	109.13		60	167.11		60	274.94
	70	112.57		70	172.40		70	275.50
	80	125.48		80	186.98		80	285.82
	90	127.33		90	191.44		90	318.72
	100	138.85		100	205.78		100	346.19

주 : 지침서의 유통비를 2000년 평균 실적가격으로 보정한 결과임.

자료 : 2002년 포천~철원간 국도 확장사업 예비타당성조사 보고서(한국개발연구원)

의 운행비용은 차량의 유류비, 엔진오일비, 유지관리비, 감가상각비를 속도별로 고려하였으며²⁾ 분석도로망에 부하된 각 링크의 평균속도에 대해 차종별 차량운행비 원 단위를 링크의 길이와 곱하여 차량운행비를 산출하였다.

화물차량운전자의 통행시간비용은 통행배정작업의 결과로 산출된 통행시간에 화물차량 운전자의 업무통행 시간가치를 곱하여 운전자의 통행시간 비용을 산정하였다.

< 표 2 > 업무통행과 비 업무통행의 수단별 시간가치

구 분	업무통행 시간가치 (원/인*시)	비업무통행 시간가치 (원/인*시)
승용차	10,850	3,460
버 스	9,623	1,934
트 릭	9,948	-

자료 : 2002년 포천~철원간 국도 확장사업 예비타당성조사 보고서(한국개발연구원)

4. 시나리오 적용 결과

모든 OD와 산정된 통행시간이 입력된 Network에 임의의 지점(지역내(4지점), 지역간(3지점), 컨테이너(3지점))를 거쳐서 돌아오는 경로를 TransCAD에 내장된 TSP와 Shortest path Algorithm을 이용하여 최적경로를 산출하였다 산출된 결과는 다음과 같다.

산출결과 Shortest Path Algorithm 보다는 TSP를 이용하여 도출된 최적경로가 더 우수한 결과를 보였다. 그러나 수송화물차량이 커질수록 그 결과치가 거의 차이를 보이지 않았다. 특히 컨테이너 화물수송형태의 경우는 Shortest Path Algorithm과 TSP를 사용하여 구한 값과 경로가 모두 같게 나왔다. 이는 통행도로가 제한적이고, 대안노선이 다양하지 않음으로서 나온 결과로 판단된다.

III. 결론

본 연구는 교통상황을 고려하여 TSP와 Shortest Path Algorithm을 이용하여 화물운송의 최적경로를 산출하였고 각 화물수송형태별로 최적경로 산정결과를 비교하여 각 Algorithm을 비교 분석해 보았다.

우선 도로 Network 및 OD 자료는 2002년 Emme/2 자료를 사용하여 분석을 하였으며, 화물차량운행비용 및 화물차량운전자의 통행시간 가치는 2002년 포천~철원간 국도 확장사업 예비타당성조사 보고서(한국개발연구원)에서 사용한 자료를 이용하였다. 분석결과 보편적으로는 TSP를 이용한 최적경로가 더 우수하나 경로의 제한이 큰 화물차량일수록 보편적이고 간단한 Algorithm

< 표 3 > 지역내 화물 경로 산출결과

		Shortest path	TSP
지역내 화물수송	Time	329.47분	263.11분
	Length	51.67km	45.56km
	Cost	64,550.67원	52,180.09원
지역간 화물수송	Time	475.49분	475.55분
	Length	424.26km	424.26km
	Cost	152,691.13원	152,350.67원
컨테이너 화물수송	Time	1012.81분	1012.81분
	Length	997.48km	997.47km
	Cost	4,495,653.5원	4,495,653.5원

2) 2002년 포천~철원간 국도 확장사업 예비타당성조사 보고서(한국개발연구원)

을 사용하여도 같은 결과를 얻을 수 있었다.³⁾

본 연구의 한계점으로는 본 연구의 대상이 화물수송을 도로수송에서 차량운행비용과 화물차량운전자의 통행시간가치만을 국한하여 분석한 것이어서 환경에 대한 요소(차량의 오염물질 배출정도등) 및 주거지역등의 지역적 요소등을 고려하지 못하였다. 이러한 요소외에 환경피해정도, 화물의 시간가치등 계량화되지 않은 항목에 대한 계량화 연구와 함께 연구가 진행된다면, 일반화물수송 외에 특수화물, 응급차량, 위험물 차량등의 최적경로 산정에 더욱 발전된 연구가 될 것으로 판단된다.

또한 실제 화물수송에 적용하기 위해서는 각 도로의 관리센터에서 실시간 교통량을 이용하여 경로를 산출할 수 있어야 하며, 각 도로의 센터간 정보연계와 함께 화물수송형태별 GIS map의 구축이 필수적으로 선행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 임 홍상, Eco-Logistics의 실현을 위한 위험물 운송 경로 구축에 관한 연구, 2002, 한양대학교 석사학위 논문
2. 최 창호, 도로사업의 투자 분석을 위한 화물운송시간가치의 산정, 2002, 대한교통학회지
3. 2002년 포천~철원간 국도 확장사업 예비타당성조사 보고서(한국개발연구원)
4. 첨단화물운송시스템 설계, 1998, 교통개발연구원
5. 장수은 외 2인, 수요-공급의 동시모형을 통한 공로 화물 운송특성분석, 2001
6. 이우승, 서울시 화물차량 규제의 평가 및 개선방안 연구

3) 본 연구에서는 도출된 최적경로의 비교를 목적으로 하였기에 알고리즘의 계산시간을 고려하지 않았으나, 계산시간을 고려한다면 이동경로의 제약이 많은 대형화물차량일수록 간단한 알고리즘이 더 유용할 수 있다고 판단된다.