

## 위치기반의 물류시스템 SW개발 및 응용 (Location-based Logistics System SW and Its Application)

황 흥석(Heung-Suk Hwang)\*,

김 호균(Ho-Gyun Kim)\*\*

\* 동의대학교, 정보산업공학과 교수,  
\* Tel : +84-51-890-1657,  
e-mail : [hshwang@deu.ac.kr](mailto:hshwang@deu.ac.kr),

\*\* 동의대학교, 정보산업공학과 교수  
\*\* Tel : +84-51-890-1655  
e-mail : [hgkim@deu.ac.kr](mailto:hgkim@deu.ac.kr)

**Abstract :** 최근의 IT기술의 발전과 더불어 지형 정보시스템(GIS, Geographical Information System)이 급격하게 발전되고 있으며 이를 이용한 위치기반의 물류시스템은 새로운 분야를 이루고 있다. 본 연구는 이러한 GIS를 이용하여 3차원의 지형정보를 구현하고 지금까지의 고려하지 못하였던 3차원 위치기반의 거리산정과 이를 물류시스템의 여러 분야에 활용할 수 있도록 SW를 개발하였다. 특히 본 연구에서는 물류시스템의 새로운 패러다임의 변화와 위치기반의 물류시스템의 예로 2차원의 GIS를 3차원의 GIS로 변환하였으며, 이를 3차원 거리산정하고, 이를 1) 거리산정모델, 및 2) 차량 운송계획 모델을 개발하고 이를 위한 SW를 개발하였으며 실제 물류시스템계획 문제에 응용한 사례를 보였다. 본 연구는 추후 보안 연구될 경우 실용적인 물류시스템의 방법으로 활용될 수 있을 것이다.

**Key words :** Location-based Logistics, 3D GIS, VRP, e-Logistics

### 1. 서 론

본 연구는 최근의 정보기술이 발전됨에 따라 물류시스템의 새로운 Paradigm 변화에 적합한 고객 지향적(Customer Centric) 물류시스템을 설명하고, 위치기반의 제조설비계획과 e-Logistics를 기반으로 한 고객 지향적 화물운송문제에 지리정보시스템(GIS : Geographical Information System)을 응용하여 화물의 운송경로계획을 개선한 논문이다. 지금까지의 물류시스템계획문제에서는 거리산정 방법과 화물의 수거 및 배달지역의 위치와 이동경로 등 실 지형정보를 고려하지 못하고 많은 가정사항들을 전제로 주로 공급자(Supplier)중심의 연구들이 수행되어 왔었다. 실제로 운송경로의 지형 여건에 따른 거리의 차이가 매우 크며, 교차로의 우 좌회전과 단일로 등 실제 GIS상에서 GeoDataBase를 고려할 경우 기존의 연구 결과는 많은 문제점이 있다. 이를 위하여 그림 1과같이 GIS기반의 거리산정 방법과 운송 및 배달시스템의 기본 이론을 전개하고 이를 구현하기 위하여 ArcLogistic을 사용한 전산 프로그램을 개발하였다. 본 연구의 결과를 응용한 사례를 들고 Sample 출력을 보였다. 또한 본 연구는 지형 Data Base 구축되고 본 프로그램의 추가 연구가 될 경우 지금까지의 실 지형요소를 고려하지 못하던 요소들을 고려함으로써 보다 현실적인 화물 운송계획모델로 활용할 수 있도록 연구될 것이다.

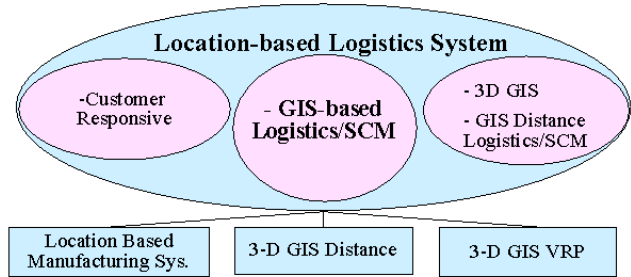


그림 1. 위치기반의 물류시스템

### 2. 물류시스템의 새로운 Paradigm

최근의 정보기술의 발전으로 물류시스템의 대형화 전문화, 다양화, 및 정보화의 전략 방향에 따른 다양한 전략적 활동들이 추진되고 있다. 이들 물류시스템의 전략적 추진 활동들을 다음과 같이 요약할 수 있다 :

- 물류정보 기술의 강화
- 고객 지향적 물류 Infra 확충
- 부가가치 Service 개발

이러한 고객 지향적 물류서비스를 지원하는 Solution들을 개발하여 활용되고 있으며 이중 주요한 내용들을 요약하면 다음과 같다[TFT의 사례집]:

- 공급체인상의 결과의 시각화
- 공급체인상의 partner들과의 협력
- 내-외부 시스템과의 연계
  - o XML/EDI
  - o EAI(Enterprise Application Integration)
- Transportation Management System
- 주문 납기 사이클 단축, 물류프로세스 최적화
- 효과적인 비용 투자, 부가가치 기능 제공

본 연구에서는 이러한 물류시스템의 새로운 변화 추세에 따라 차량운송 분야의 수요자 위주의 서비스 수준 향상하기 위하여 실 지형여건에 적합한 정보에 의한 위치기반의 물류설비계획과 차량운송계획을 위하여 GIS기반의 거리산정 및 차량운송계획을 3차원(3D)에서 구현하고 실 예를 들어 보였다.

### 3. 3-DGIS기반의 거리산정모델

물류시스템계획에 활용할 수 있는 일반적인 거리산정방법은 다음과 같이 구분할 수 있다:

- 맨하탄거리(Manhattan's Distance),
- 시간거리(Time Distance)
- 실측거리(Physical Distance)
- $lp$ -Distance

### 1) 수식에 의한 거리 산정방법(Parametric Distance Equation)

두 지점의 위치 좌표를  $(x_i, y_i), (x_j, y_j)$ 라 한다면  $p$ 값에 대해 두 지점간 거리 산정공식을 정의하면 다음과 같다.

$$d(x, p) = (|x_i - x_j|^p + |y_i - y_j|^p)^{\frac{1}{p}}$$

여기서,  $p$ 값에 대해 다른 결과를 얻을 수 있으며  $p=1$ 인 경우 직각거리  $p=2$ 인 경우 직선거리가 되고  $p$ 값에 따라 서로 다른 거리를 계산할 수 있다.

### 2) 2-D GIS Distance기반의 거리산정방법

2-D GIS기반의 거리산정방법은 변곡점(Curve Changed Point)을 이용하는 방법이다. 모든 도로는 직선 또는 직각이 아닌 수많은 변곡점을 가진 곡선들의 집합이라 하고 두 지점간의 거리를 산정하면 그림 2와 같이 표현할 수 있다.

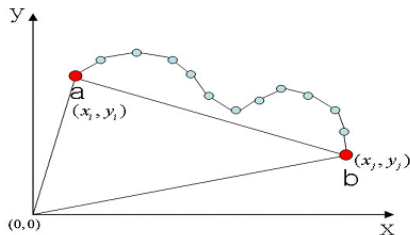


그림 2. 여러 변곡점으로 구성된 도로 데이터

그림3에서와 같이 두 지점 a 와 b 지점간의 거리는 각각의 변곡점간의 거리의 합으로 나타낼 수 있고 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$D_{gis} = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^N D_{ij}$$

$$= \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^N \sqrt{[x_j - x_i]^2 + [y_j - y_i]^2}^{1/2}$$

표 1은 여러 가지 거리 산정방식의 예를 같은 지점의 거리산정에 응용한 결과를 비교하였다.

표 1. 거리산정방법에 의한 거리 값 산정 비교

거리값 산정방식	일반거리 식에 의한 거리 직선거리( $p=2$ )
수식	$d(x, p) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$
결과 값	3.1622
거리 값 산정방식	2-D GIS-Distance 수식에 의한 거리 수식에 의한 GIS-distance 거리
수식	$\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^N \sqrt{[x_j - x_i]^2 + [y_j - y_i]^2}^{1/2}$
결과 값	18.97
거리 값 산정방식	2-D GIS-Distance식에 의한 거리 Digital Map에 의한 GIS-distance 거리
수식	$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sqrt{[x_j - x_i]^2 + [y_j - y_i]^2}^{1/2}$
결과 값	37.34

### 3.3 입체거리(3-D Distance)

입체거리란 2-D 평면기반의 거리의 위치좌표 (X, Y)에 높이 및 고도정보인 Z축을 생성시켜 산정하는 거리계산방식을 말한다. 공간상의 두 점의 좌표를  $(x_i, y_i, z_i), (x_j, y_j, z_j)$ 라 한다면  $p$ 값에 의해 공간상의 두 지점간의 거리 값을 거리 산정 공식에 적용하여 일반식으로 표현하면 다음 식과 같다.

$$d(x, p) = (|x - a|^p + |y - b|^p + |z - h|^p)^{1/p}$$

먼저  $p=1$  및  $p=2$ 인 경우 공간상의 직각거리 (3-D Rectilinear Distance)는 다음 수식과 같고 그림으로 표현하면 그림 3과 같다.

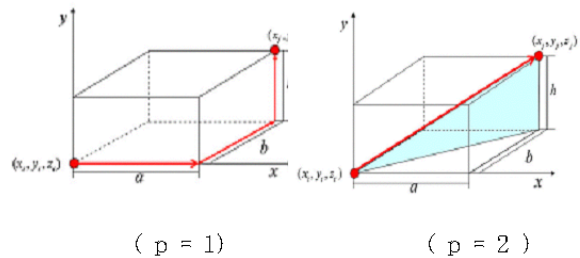


그림 3. 3차원 공간상의 거리산정

본 연구에서는 이러한 2-D기반의 디지털 맵을 3-D기반의 디지털 맵으로 변환하고 2-D GIS 거리산정 방법을 확장하여 3-D기반의 GIS거리산정 방법을 개발하였다.

### 3.4 거리산정 프로그램 개발(2-D 및 3-D Distance)

거리산정 전산프로그램을 개발하였으며, 프로그램은 크게 2-D Distance기반의 거리산정식과 3-D Distance기반의 거리 산정방식으로 나누어 개발하였다. 그림 4는 본 프로그램의 구성 도이다.

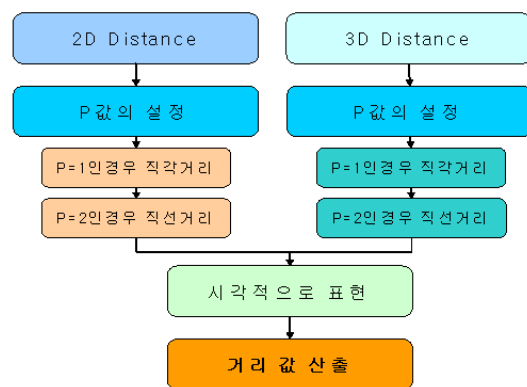


그림 4. 거리산정 프로그램의 구성도

본 프로그램을 시각화프로그램으로 개발하고 이를 실행하면 다음 그림 5, 및 그림6과 같이 실행화면을 보였으며 2-D 및 3-D의 거리산정을 위하여 각각 응용할 수 있도록 하였다. 2-D 및 3-D Distance 기반의 거리산정 응용결과를 종합하면 표 2와 같다. 3-D GIS Distance 산정을 위하여 2-D GIS Data에서 Elevation Data를 추가하기 위하여 ArcGIS 3-D Analyst(ESRI, 2002)를 이용하였다. 각 중간지점

에서의 3-D로 변환된 위치를 표현한 예이다.

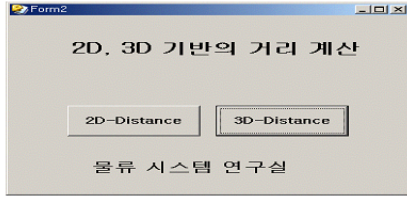


그림 5. 거리산정 프로그램 초기화면

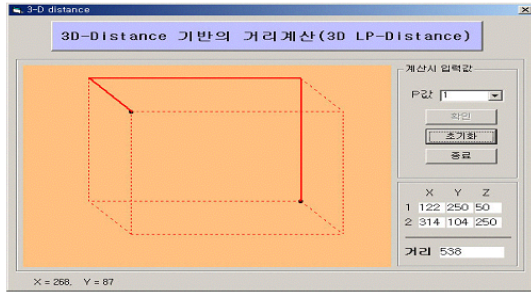


그림 6. 3-D Distance 기반의 직각거리( $p=1$ )

표 2. 거리산정 프로그램의 응용 결과 값

구분	좌표 값	거리 값
2-D (직각거리 $p=1$ )	$x_1=122, y_1=250$ $x_2=314, y_2=104$	338
2-D (직선거리 $p=2$ )	$x_1=122, y_1=250$ $x_2=314, y_2=104$	241
3-D (직각거리 $p=1$ )	$x_1=122, y_1=250, z_1=50$ $x_2=314, y_2=104, z_2=150$	538
3-D (직선거리 $p=2$ )	$x_1=122, y_1=250, z_1=50$ $x_2=314, y_2=104, z_2=150$	313

(Intersection Point)의 고도 Data로부터 두 가지 가상 표면, Raster Surface 와 TIN(Triangulated Irregular Network) Surface로 그림 7과 같이 3차원 도로 data를 생성 한다.

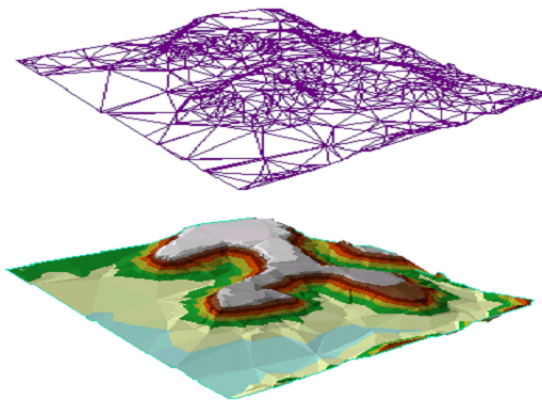


그림 7. Raster 및 TIN Surface

두 지점간의 3-D GIS-Distance를 산정하기 위해 A, B 두 지점간의 3-D 데이터로부터 경사도(Slope)를 산정하고 2-D GIS-Distance를 이 경사를 고려하여 3-D GIS-Distance를 구한다. 그림 8은 GIS상

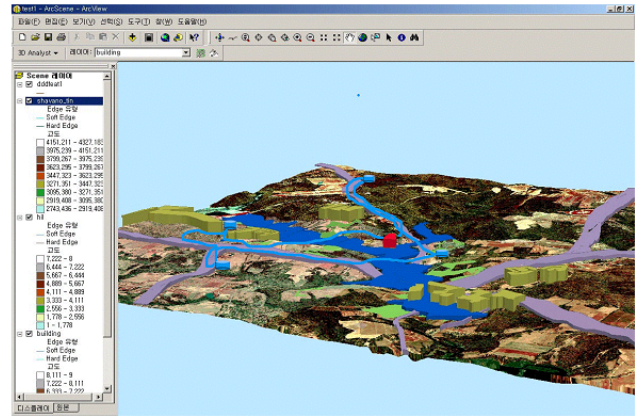


그림 8. 2-D GIS상에서 3-D로 변환된 지점

#### 4. 위치(3-D GIS)기반의 차량운송계획모델

본 연구에서는 기존의 거리산정의 부정확한 점을 보완하기 위하여 GIS기반에 3차원 거리산정 방법을 다음과 같이 개발하였다 :

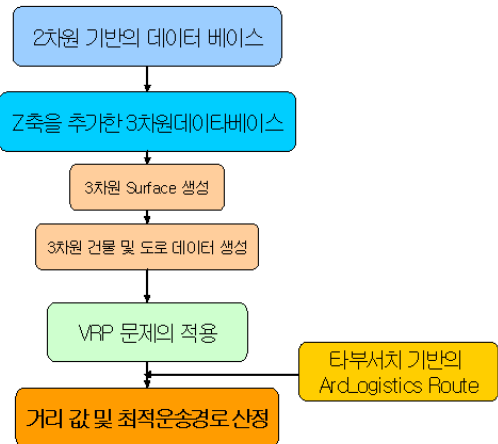


그림 9. 3-D GIS기반의 VRP 절차

##### 4.1 2-D 기반의 차량운송계획모델

본 연구에서는 다음과 같은 기존의 평면거리 방법에서 실무에 응용 가능하도록 3차원 거리 기반의 차량운송계획 문제를 위하여 응용프로그램을 개발하여 사용하였다.

1) Dongeui GA-VRP Solver(황홍석, 2002) : 그림 10은 3-단계 통합차량경로계획 S/W인 Dongeui GA-VRP Solver이다. 이를 C 택배회사의 최적경로 계획 문제에 응용하고 그 결과를 그림 11과 같이 보였다. C 택배회사의 사례에 응용한 결과를 다음과 같이 요약하였다.

VRP 결과 최적경로( $lp$ -Dist.사용) :

0-A3-A1-A2-A9-A6-A5-A7-A10-A4-A8-0 이고 이에 따른 거리 값은 23.8km로 산정되었다. 이를 ArcLogistics Route 상에 표시하면 그림 19와 같다.

VRP 결과는 최적 경로(2-D GIS Dist. 사용) :

0-A7-A8-A10-A4-A2-A1-A3-A9-A6-A5의 경로가 산정되었고 그에 따른 거리 값은 32.8km로 산정

되었다.

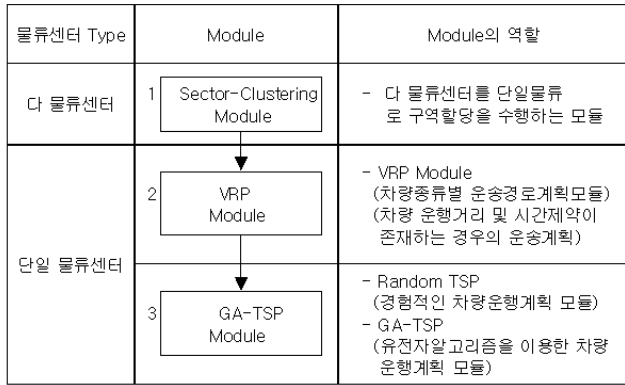


그림 10. Dongeui GA-VRP Solver의 구성도

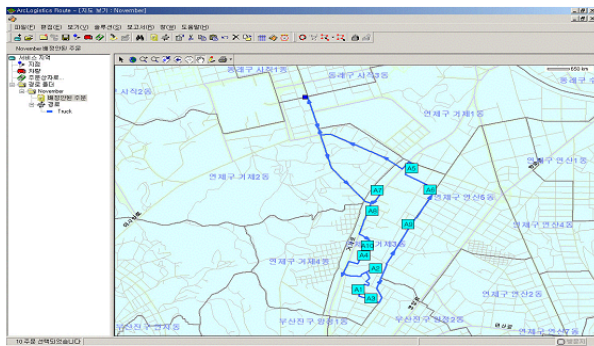


그림 11. 2-D GIS상에서 VRP 결과

#### 4.2 3-D GIS 기반의 VRP모델의 응용

3-D GIS 기반의 VRP문제로의 응용을 위해서 3-D 데이터베이스를 적용하였다. 3-D로 변환된 3-D GIS상에서 10곳의 고객의 위치와 1곳의 물류센터의 위치의 예에 적용한 최적경로를 찾은 VRP 결과는 그림 12와 같다.

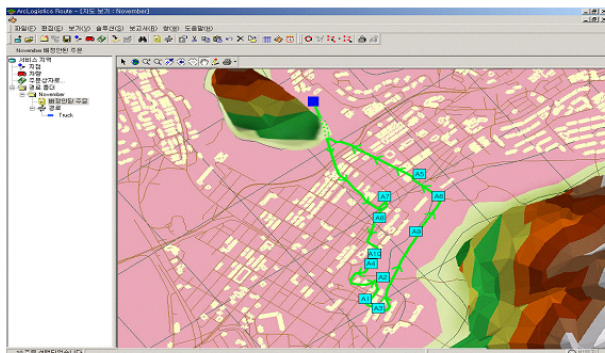


그림 12. 3-D GIS 상에서의 VRP

VRP 결과 최적 경로(3-D GIS Dist.사용) :

0-A7-A8-A10-A4-A2-A1-A3-A9-A6-A5-0으로 2-D GIS기반의 VRP 경로와 동일하게 산정되었고 그에 따른 거리 값은 37.5km로 산정되었다.

지금까지의 일반거리 기반의 거리산정방식과 2-D 및 3-D GIS상에서 거리기반의 VRP경로를 산정하였다. 이 결과를 정리하면 표3과 같다.

표 3. 최적경로계획 방법의 응용결과 비교(부산지역의 C 택배회사의 예: )

차량운송경로 계획방법	최적경로	총 주행 거리(km)	비 고
1. Dongeui VRP Solver p=2.5	0-A3-A1-A2-A9 -A6-A5-A7-A10 -A4-A8-0	23.8km	lp-Dist. 사용
2. ArcLogistics GIS-VRP 2-D GIS 기반	0-A7-A8-A10 -A4-A2-A1-A3 -A9-A6-A5-0	32.8km	2-D GIS Dist. 사용
3. 3-D GIS-VRP	0-A7-A8-A10 -A4-A2-A1-A3 -A9-A6-A5-0	37.5km	3-D GIS Dist.사용

#### 4. 결 론

본 연구에서는 본 연구에서는 이러한 2-D기반의 디지털 맵을 3-D 기반의 디지털 맵으로 변환하고 2-D GIS 거리산정 방법을 확장하여 3-D기반의 GIS거리산정 방법을 개발하고 부산지역의 C 택배회사의 차량운송계획문제에 적용하고 그 결과를 표 3 과같이 비교하여 보였다.

실 지형여건과 도로의 특성들을 고려하고 지금까지의 평면기반의 거리산정방법으로부터 고도차를 고려한 3-D GIS거리산정방법을 응용한 차량운송계획의 결과가 가장 적절한 방법이었으며 앞으로 더욱 실용화 할 수 있도록 확장 연구될 것이다.

#### 참고문헌

- [1] "ArcGIS 3-D Analgesist : Three-dimensional Visualization, Topographic Analyse, and Surface Creation", An ETRI White Paper, Jan., 2002.
- [2] ArcInfo Manual(GRID, TIN, etc), <http://www.cadland.co.kr/>, 2002.
- [3] ENNUI Tutorial, [HTTP://www.intersys21.com/2002](http://www.intersys21.com/2002)
- [4] ESRI Inc., "ArcView Network Analyst", An ESRI White Paper, 1998.
- [5] Heung-Suk Hwang, "Customer Responsive Pickup and Delivery System Based on e-Logistics", Proc. Int. Conf. On Responsive Manufacturing, pp.93-98, 2002.
- [6] Heung-Suk Hwang, "Integrated GA-VRP Solver for Multi-Depot System", Int. Jnl. Of Computers and Industrial Engineering, 27<sup>th</sup> Conference Proceeding, pp. 1-6, 2000.
- [7] Heung-Suk Hwang, "Integrated GA-VRP Solver for Multi-Depot System", Int. Jnl. Of Computers and Industrial Engineering, 27<sup>th</sup> Conference Proceeding, pp. 1-6, 2000.
- [8] 황 홍석, "GIS기반의 실시간 통합화물운송시스템 계획에 관한 연구", 경영과학, Vol. 19, No.2(2002. 11.), pp.75 - 78.
- [9] 황 홍석, 위치기반의 최신 물류시스템, 형설출판사, 2004. 2. 20,