

# GIS 교통 컴포넌트 개발을 위한 통행배정모형 구축

## A Study on the Trip Assignment Model for GIS Transportation Component Development

이경소\*

Lee, Kyung-So

이성모\*\*

Rhee, Sung-Mo

김창호\*\*\*

Kim, Chang-Ho

### 要 旨

교통수요예측과정은 교통정책개발 및 교통계획에 있어 매우 중요한 요소이며, 특히, 마지막 단계인 통행배정은 교통망의 결함을 판단하고 개선책을 제시하기 위한 매우 중요한 단계이다.

또한 지리정보시스템(GIS)은 다양한 장점으로 인해 교통분야에 활용될 경우 기대되는 효과가 매우 크며, 최근 프로그램 개발환경이 컴포넌트 기반으로 급속히 변하고 있어 교통계획 부문의 컴포넌트화가 절실히 요구되는 상황이다.

본 연구는 평형통행배정모형을 GIS를 이용하여 구현함으로써 교통 컴포넌트의 개발을 시도하였다. 그리고 구현된 시스템은 실제 청주시에 적용하여 보았다.

### ABSTRACT

Travel demand forecasting is the important process of transportation policy and planning, especially trip assignment is also important because it finds deficiency of network. GIS can be applied to transportation due to its various merits. Recently Program development environment is changed to component-based and transportation-component is necessary.

This study evolves in implementing trip assignment model with GIS and tries to apply the system to the Cheongju City.

## 1. 서론

GIS-T라고 할 수 있으며, GIS-T 역시 최근의 정보기술의 발전을 수용하는 형태로 변화되고 있다.

### 1.1 연구의 배경

GIS-T의 최근 발전 모형으로 주목할 만한 것은 교통시설정보 또는 현재시점의 교통량정보와 같은 정적이고 수동적인 정보의 표시에서 벗어나 현재의 교통환경을 고려한 대상경로의 선정, 인터넷을 이용한 교통예보 서비스와 같은 동적이며 다양한 분석기능이 추가되고 있다는 점이다.

교통수요예측과정은 교통정책개발 및 교통계획에 있어 매우 중요한 요소이며, 정확한 교통수요분석을 위해서는 매우 복잡한 공간정보를 다루어야 한다. 특히, 마지막 단계인 통행배정은 교통망의 결함을 판단하고 개선책을 제시하기 위한 매우 중요한 단계이다.

한편 최근 프로그램 개발환경은 표준화된 개발도구를 이용하는 컴포넌트 기반의 환경으로 급속히 변하고 있으며, GIS분야에서도 OGIS(Open GIS) 사양에 대응하는 컴포넌트 S/W가 개발되어 사용되고 있다. 이와 같은 교통분야에서 GIS의 다양한 응용

1990년대 이후 GIS(Geographic Information Systems)는 교통분야에 적용되어 ITS의 중요한 일부로 사용되고 있다. GIS의 다양한 공간정보 관리 및 활용방법이 교통분야에 적절히 통합되어 있는 형태를

\*서울대 도시공학과 석사과정

\*서울대 도시공학과 책임연구원

\*\*\*미국 일리노이대 교수

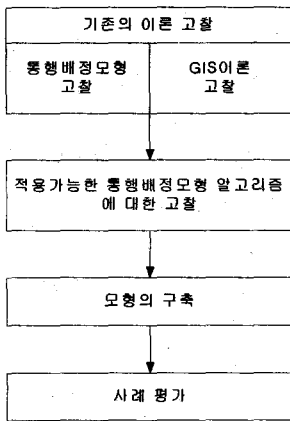
분야를 정보기술환경의 변화에 대응하여 개발하기 위해서는 교통분야응용의 근간을 이루는 통행배정모형을 컴포넌트화 하는 것이 절실히 요구된다.

## 1.2 연구의 목적 및 수행방법

GIS를 이용하여 통행배정모형을 구현하며 구현된 모형의 GIS 교통 컴포넌트화를 시도한다. 구축된 모형을 청주시를 대상으로 적용해 봄으로써 모형의 현실 적용성을 검토한다.

특히, 본 연구에서는 통행수요예측모형의 4단계 과정 중, 통행배정(trip assignment) 과정에 GIS 데이터와 기법을 적용해 보고 교통시설투자사업의 여러 대안을 하나의 틀/framework 안에서 간략하게 평가할 수 있는 방안을 모색해 보는 것을 목표로 한다.

GIS 상에서 통행배정모형을 수행하기 위해서는 크게 기존의 이론들에 대한 고찰, 적용 가능한 통행배정 모형의 알고리즘에 대한 고찰, 모형의 구축, 사례지역 네트워크 상에서의 모형의 적용 및 평가 등의 단계로 연구를 진행하였다. 이를 도시(圖示)하면 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구의 수행방법

## 2. 이론적 고찰

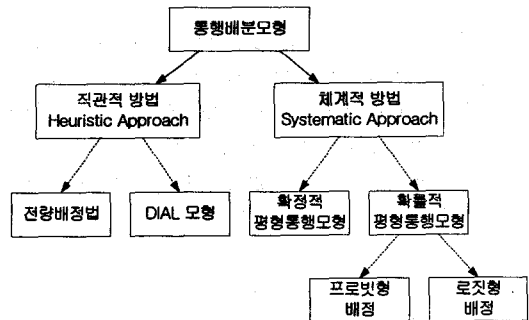
### 2.1 통행배정모형

통행배정(trip assignment)은 순차적인 통행수요예측의 최종단계로서 이전까지의 과정에서 산출된 통행량을 교통망에 배정하는 과정이다.<sup>1)</sup>

#### 2.1.1 통행배정모형의 분류

통행배정모형은 직관적 방법(Heuristic Approach)과 체계적 방법(Systematic Approach)으로 나뉜다. 직관적 방법은 용량제약 및 통행량의 변화에 따른 통행시간의 변화를 고려하지 못하는 방법으로써, 전량배정법(All-or-Nothing Assignment)과 Dial의 통행배정이 이에 속하며, 체계적 접근방법은 용량제약과 통행량의 변화를 고려할 수 있는데 평형통행배정과 확률적 통행배정이 이에 속한다.

<그림 2>는 여러 모형들을 다양한 방법에 따라 분류한 것이다.



<그림 2> 통행배정모형의 분류

#### 2.1.2 평형통행배정모형(Equilibrium Assignment Model)

평형통행배정은 경제학적 균형개념을 도입하여 통행량을 배정하는 방법으로 기본적 전제는 네트워크 상의 링크는 서로 다른 링크에 대해 독립적이며 모든 통행자가 도로망의 통행시간 비용 등에 대한 완전한 정보를 갖고 있어 단일의 최소비용경로를 선택한다는 Wardrop의 원리를 전제로 한다.

Wardrop의 1차 원리는 다음과 같다.

“평형 상태 하에서 교통은 혼잡한 도로망 안에서

1) 임강원, 도시교통계획, 서울대학교 출판부, 1986

다음의 원칙에 의해 조정된다. 어떤 운전자도 노선을 변경함으로써 경로 통행비용을 줄일 수 없다.”

1956년 Beckman은 통행량과 통과비용의 관계를 수학적으로 구성하고 이를 OR(Operation Research)기법을 이용하여 해의 유일성과 수렴성을 증명하였다.

이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \min Z &= \sum_a \int_0^{V_a} C_a(x) dx \\ \text{s.t. } \sum T_{ij}^r &= T_{ij} \text{ for } i=1 \text{ to } N, j=1 \text{ to } N \\ T_{ij}^r &\geq 0 \\ V_a &= \sum \sum \sum \delta_{ij}^{ra} T_{ij}^r \end{aligned}$$

여기서

$C_a(V_a)$ : 링크용량저항함수

$V_a$ : 링크  $a$ 의 통행량

$T_{ij}^r$ :  $i$ 에서  $j$ 로의 경로  $r$ 을 이용하는 통행량

$T_{ij}$ :  $i$ 에서  $j$ 로 가는 모든 통행량

$\delta_{ij}^{ra} = 1$ : 링크  $a$ 가  $ij$ 간의 경로  $r$ 상에 포함될 경우

0: 그렇지 않을 경우

- ①  $x_a^0 = 0$  으로 초기화
- ②  $t_a^0 = t_a(x_a^0)$  으로 초기화
- ③ 전량배정법으로 O-D 통행량을 배정

2단계: 통행비용 갱신

$$t_a^n = t_a(x_a^{n-1})$$

3단계: 실행가능방향의 발견

- ①  $t_a^n$  을 기반으로 전량배정
- ② 배정된 통행량을 임시 해( $y_a^n$ )로 결정

4단계: 해의 이동크기  $\lambda^n$  결정

- ① Bisection법으로  $\lambda^n$  결정
- ② 통행비용의 최소화

$$\min Z = \sum_a \int_0^{x_a^n + \lambda^n(y_a^n - x_a^n)} C_a(\omega) d\omega$$

5단계: 새로운 해의 수정

$$x_a^{n+1} = x_a^n + \lambda^n (y_a^n - x_a^n)$$

6단계: 수렴 여부 검사

### 2.1.3 평형통행배정의 해법 알고리즘

Wardrop(1952)이 정의한 평형원칙을 Beckmann(1956)이 수식화하고 유일해가 있음을 증명하였고 LeBlanc et al.(1975)은 Beckmann에 의해 정립된 모형을 Frank-Wolfe의 Decomposition 원칙을 이용하여 효율적 해를 구하는 방법을 제시하였다. 알고리즘은 초기 해에서 출발하여 목적함수를 개선시켜 주는 실행 가능한 방향을 발견하는 과정과 그 방향으로의 이동 크기를 결정하는 것의 두 부분으로 크게 나누어진다. 이 알고리즘은 링크의 통행량을 이용한 큰 규모의 네트워크에도 적용이 가능하다. 이에 대한 내용은 다음과 같다.

#### [알고리즘]

1 단계: 초기화

## 2.2 GIS의 이론적 배경

대부분의 교통계획은 공간정보를 수반하기 때문에 공간정보의 처리와 지도를 결합하는 GIS의 기능이 특히 중요시되어지고 있다. GIS-T란 GIS를 교통의 목적에 적합하게 변형한 것으로 교통에 관련된 공간정보의 분석 관리(네트워크의 관리와 처리, 네트워크 속성의 갱신과 가시화, 공간분석, 경로분석, 다른 적용분야와의 연계)를 위한 하부구조라고 볼 수 있다.

### 2.2.1 교통모형을 위한 GIS의 장점

교통분야에 있어 GIS를 활용할 수 있는 이유는

GIS 네트워크가 위상관계에 의해 자료를 저장, 처리하기 때문이다. GIS를 교통분야에 활용할 경우 기대되는 장점은 다음과 같다.

- ① 위상관계를 이용하여 방대한 자료를 빠르고 효율적으로 처리할 수 있다.
- ② 직관적인 사용자 인터페이스를 이용하여 자료의 수정 및 편집이 가능하다.
- ③ 교통뿐만 아니라 토지이용 등의 주변여건에 대한 가시화를 통해 계획가 및 분석가의 이해도를 높인다.
- ④ 네트워크 상의 교통정보를 현실적으로 표현할 수 있는 기능이 있다.
- ⑤ GIS에 의해 구축된 데이터베이스는 다양한 목적으로 변환 및 활용이 가능하다.

## 2.2.2 위상관계 (Topology Model)

위상이란 공간관계를 명확히 정의하기 위해 사용하는 수학적 개념이다. 벡터(vector) 공간자료는 점, 선, 면을 기본으로 하며 이들 사이에는 위상관계가 존재한다. 이러한 위상관계에 의해 다각형 분해 중첩, 네트워크 분석, 최적노선 선택 등의 공간분석기능을 활용할 수 있다. 주요한 위상관계는 다음의 3가지이다.

- ① 연결성(connectivity) — 아크와 노드의 위상적 개념으로서 흔히 arc-node topology라 한다. 네트워크에서 교통류를 조사할 때 이용된다.
- ② 인접성(contiguity) — 모든 아크는 방향성을 갖고 있어 아크 좌우의 폴리곤에 의해 서로의 인접관계를 규명할 수 있다. 이를 left-right topology라고도 한다.
- ③ 영역의 정의(area definition) — 폴리곤을 구성하는 아크들을 이용하여 폴리곤의 면적을 결정할 수 있는데, 이를 polygon-arc topology라 한다.

## 2.2.3 네트워크 구조

네트워크의 가장 중요한 기능은 아크 커버리지를 이용하여 자원의 이동에 대한 여러 조건들을 제공할 뿐만 아니라 네트워크 자체의 위상관계를 제시하는 것이다. 네트워크는 link, turns, stops, centers, barriers로 구성되어 있으며 각 구성요소는 네트워크 모형과 분석을 용이하게 이용하기 위해 일련의 특정한 속성 값을 가지는 커버리지에 의해 표현된다.

- ① Link — 아크 속성으로 표현되며 하나의 노드와 다른 노드를 연결하는 형태이다.
- ② Turn — 네트워크 상의 특별한 회전 흐름을 제한하는데 사용되며 교차로 상의 overpass로 통행을 오른쪽이나 왼쪽으로 제한할 수 있다.
- ③ Stop — 버스정류장이나 전철역처럼 자원들이 네트워크를 경유하여 경로(path)를 따라 선적하거나 하역되는 지점(node)을 나타낼 때 이용된다.
- ④ Center — 네트워크 상의 링크로부터 자원을 수취하는 노드지점의 시설을 나타낸다.
- ⑤ Barrier — 자원이 통과할 수 없는 노드 지점을 의미한다.

이 중 교통모형이 회전방향과 유사한 turns는 Arc/Info의 명령어인 TURNTABLE을 이용한 TRN자료로 구축되며 네트워크의 저항(impedance)과 가장 밀접한 관련이 있다. 네트워크 데이터는 도로의 일반적 속성자료를 갖는 아크 커버리지와 회전속성을 갖는 TRN 커버리지에 의해 구축되며 이 데이터를 이용하여 다양한 경로의 선택이 이루어지게 된다. 따라서 TRN 자료를 이용하여 통행배정모형을 수행하게 되면 기존의 방법론, 다시 말해, 수식을 이용하거나 도면에 수작업을 함으로써 도출할 수 있는 결과보다 효과적이고 직접적인 분석이 가능하다.

## 2.2.4 컴포넌트 GIS

불과 수년 전만 하더라도 컴퓨터 응용프로그램의 개발환경과 운영환경은 매우 단순하였으나 정보기술이 급속히 발전함에 따라 오늘날의 응용프로그램 개발환경은 수많은 단위 응용프로그램(component)들이 제공되고, 더욱 복잡한 UI(User Interface) 도구가 이용되며, 다양한 통신 프로토콜이 사용되는 복잡한 형태로 변화하고 있다. 이러한 경향에 따라 과거 단일 플랫폼에서 중앙집중 형태로 개발되고 운영되던 응용 프로그램들이 개방형 환경에서 어느 환경에서나 실행할 수 있는 형태로 개발되고 있다.

GIS에서의 컴포넌트 소프트웨어 엔지니어링을 도입함으로써 얻을 수 있는 이점은 다음과 같다.

- ① 응용 프로그램 개발의 생산성 향상
- ② 분산컴퓨팅 환경에 적합한 통합 작업형태 제공
- ③ 다양한 환경에 이식성(embedability) 보장
- ④ GIS 기술의 확산

## 2.3 교통계획과 GIS의 연계시스템 개발

도시계획 모형들은 계획가가 교통시설투자사업 결정을 지원해주는 역할을 하고 있다. 최근에 많은 계획 업무에서 데이터 관리와 가시화 작업을 위해 GIS를 사용하고 있다. 또한 교통수요예측과 시나리오 분석에 있어서 GIS의 유용성이 많은 연구를 통해 제시되었다. 몇몇 상업용 교통계획 소프트웨어 업체에서는 교통계획모형과 GIS를 통합한 소프트웨어를 제공하고 있다. 예를 들어, TransCAD(Caliper Corporation)와 UFOSNET(RST International Inc.)은 교통계획 프로시저를 포함하고 있는 GIS이다. 또한 TRANPLAN과 QRSII의 개발자들은 GIS를 통합하는 제품을 베타테스트 중이거나 시판 중이다. 그러나 이러한 소프트웨어업체의 움직임에도 불구하고 아직도 많은 계획 담당자들은 교통계획 패키지만을 단독적으로 사용하거나 GIS와 교통계획을 독립적으로 사용하고 있다. 그 주요한 이유는 새로운 시스템 구축비용과 이전의 기술교육에 소요된 투자비용의 회수 때문이다.<sup>2)</sup>

2) M. D. Anderson & R. R. Souleyrette, 19972)

## 3. 모형의 설계

### 3.1 통행배정을 위한 선행 과정

통행배정은 교통수요예측과정의 일부분으로서 통행배정에 앞서 다양한 선행과정이 있어야 한다. 왜냐하면 효과적인 교통수요예측을 위해서는 통행배정을 비롯한 연속적인 4단계(통행발생, 통행배분, 수단선택, 통행배정)가 유기적으로 연관되어 있어야 하기 때문이다.

개별적인 통행은 통행수단의 선택에 관계없이 각기 특수한 통행단(기·종점)을 가지게 되며 도시지역에서는 결국 가구가 이에 해당된다. 그러나 교통모형은 비교적 거시적이기 때문에 이렇게 세부적인 통행이 고려될 수 없다.<sup>3)</sup> 따라서 실제로 대부분의 교통수요예측모형에서는 가상의 통행단(몇 개의 기본단위가 뭉쳐진 교통분석존)으로 분석을 용이하게 한다.

또한 통행발생과정을 통해 각 교통분석존의 통행발생량(Trip Production)과 통행유입량(Trip Attraction)을 추정한다. 이를 수단선택과 통행배분과정을 통해 각 존별 O-D를 산출한다. 이 과정은 본 연구에서는 과학기술부 『도시개발계획수립을 위한 GIS 응용 SW 개발』 연구의 결과물과 『1999년 청주시 시내버스 노선체계 개선계획』 보고서 등을 이용하여 외생적으로 주어진 것으로 가정한다.

### 3.2 데이터베이스 구성

교통수요예측을 위해서는 일반적 GIS에서 요구하는 도로관련 속성자료보다 더 세부적이고 다양한 속성정보를 필요로 하며 자료의 형식은 보다 유동적(flexible)이어야 한다.<sup>4)</sup> 본 논문에서는 다양한 공간속성정보를 효율적으로 관리하기 위해서 Arc/Info의 INFO 기능을 이용하여 효율적으로 정보를 관리할 수 있도록 하였다.

3) 최기주, 1993

4) H. J. Miller, J. D. Storm, 1996

### 3.2.1 링크 데이터 형식

<그림 3>은 도로망을 구성하는 아크(arc)의 속성자료 항목을 명시한 표이다. <그림 3>에서 첫 번째 열은 AAT(Arc Attribute Table)에서의 각 아이템의 시작 열을 나타낸다. 두 번째 열은 각 아이템의 이름이며 이후로는 Arc/Info 내부에서 속성정보를 저장하는 형식에 대해 정의한다.

<그림 3>의 제1행부터 제7행까지행하는 Arc/Info의 기본적인 아이템으로서 커버리지를 생성할 때 Arc/Info 내부에서 자동으로 생성되며 이 부분은 사용자가 임의로 수정 또는 삭제할 수 없는 부분이다. 제8행부터는 도로의 일반적인 속성인 속도(SPEED), 용량(CAPACITY), 방향성(DIRECTION), 비용(COST), 도로 길이(LENGTH), 노폭 (WITH) 등 각 링크의 속성 정보를 저장한다.

1	FNODE#	4	5	B	-	-
5	TNODE#	4	5	B	-	-
9	LPOLY#	4	5	B	-	-
13	RPOLY#	4	5	B	-	-
17	LENGTH	8	18	F	5	-
25	NTWK#	4	5	B	-	-
29	NTWK-ID	4	5	B	-	-
33	FNAME	30	30	C	-	-
63	IDS	4	12	B	-	-
67	SPEED	6	5	I	-	-
73	CAPACITY	6	5	I	-	-
79	DIRECTION	4	5	B	-	-
83	COST	4	12	F	3	-
87	LENGTH-KM	4	12	F	3	-
91	A	5	5	I	-	-
96	B	5	5	I	-	-
101	MSLINK	31	31	C	-	-
132	ENO	4	3	B	-	-
136	COD	4	3	B	-	-
140	LVL	4	3	B	-	-
144	RYU	4	3	B	-	-
148	NUM	3	3	C	-	-
151	WITH	4	4	B	-	-
155	FUNC	4	4	B	-	-
159	LENGTH_M	8	8	F	0	-
167	CHECK	1	1	I	-	-

<그림 3> 링크 데이터의 형식(NTWK.AAT)

이러한 속성정보는 평형기반 통행배정 시 각 링크의 통행시간 (통행비용)의 산정에 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 정확한 속성자료의 구축은 신뢰성 있는 결과 도출에 있어 필수적인 사전 단계이다.

### 3.3 GIS 컴포넌트 개발

#### 3.3.1 개발환경

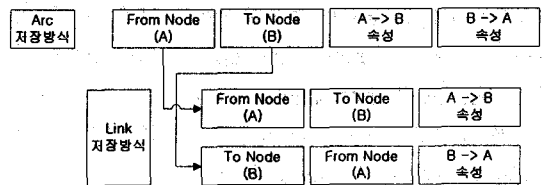
GIS 컴포넌트 개발을 위해서는 시스템 아키텍처가 개방적이어야 하며 어떠한 플랫폼에도 적용이 가능해야 한다. 이를 위해서는 Arc/Info의 ODE(Open Development Environment)를 바탕으로 시스템을 구축하도록 한다. 본 연구에서는 Arc/Info에서 지원하는 Visual Basic을 이용한 ODE를 개발환경으로 사용하였다.

#### 3.3.2 GIS 데이터의 변환

GIS의 Arc-Node Topology에 의해 하나의 아크가 하나의 도로를 나타내어 효과적인 통행배정이 이루어지지 않으므로 하나의 아크를 상행과 하행의 두 개의 링크로 분리하는 작업이 필요하다.

변환된 아크 속성정보는 여전히 통행배정을 위한 양방향 링크로 변환되지 않으므로 외부실행모듈에 의해 한 개의 아크를 두 개의 링크로 나눈다. 이 때 상행 링크와 하행 링크의 정보는 Arc/Info의 아이템에 의해 별도로 관리되고 있으므로 아크를 링크로 변환하는 과정에서 정보의 손실은 발생하지 않는다.

<그림 4>는 이러한 개념을 도시한 것이다.



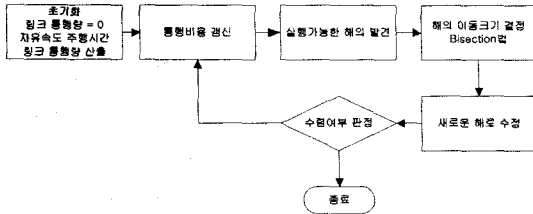
<그림 4> arc 데이터의 link 데이터로의 변환

#### 3.3.3 평형통행배정모형

D'Esopo의 알고리즘을 이용하여 최단경로를 탐색하였다. 또한 링크지체함수로서 BPR 식을 이용하였고, 계수는  $\alpha=0.15$ ,  $\beta=4$  를 사용하였다.

$$T = T_o \left[ 1 + \alpha \left( \frac{V}{C} \right)^\beta \right]$$

그리고 해법 알고리즘은 Frank-Wolfe을 이용하여 있으며 <그림 5>는 알고리즘의 순서도이다.

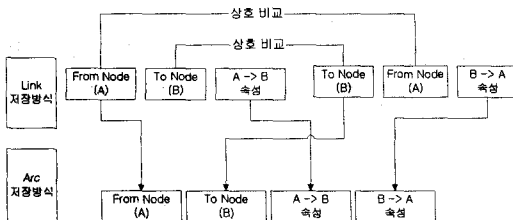


<그림 5> Frank-Wolfe 알고리즘 순서도

### 3.3.4 가시화

이 과정은 <그림 4>의 과정을 역으로 수행하여야 한다. 이 과정은 TABLES 명령어인 ADD를 이용하여 아크 커버리지의 속성정보를 갖는 NTWK.AAT에 저장된다.

일련의 데이터 변환 작업을 거친 후에는 GIS의 강력한 가시화 기능을 이용하여 각 도로망의 교통량, 용량, V/C비 등 다양한 교통 척도와 평가자료를 가시화한다. 이 때 교통계획과 교통정책 결정에 있어 중요한 MOE (Measure of Effectiveness) 중에 하나가 링크별 교통량과 V/C비이므로 본 모형에서는 이를 가시화하도록 하였다.



<그림 6> link 데이터의 arc 데이터로의 변환

## 4. 모형의 구현

### 4.1 대상지역 선정

본 연구에서는 중소도시인 충청북도 청주시를 대상으로 선정하였다. 청주시는 행정적으로 상당구와 흥덕구의 2개의 구(區)와 33개의 행정동으로 구성되어 있으며 인구현황은 1996년 현재 53만 여명이다.

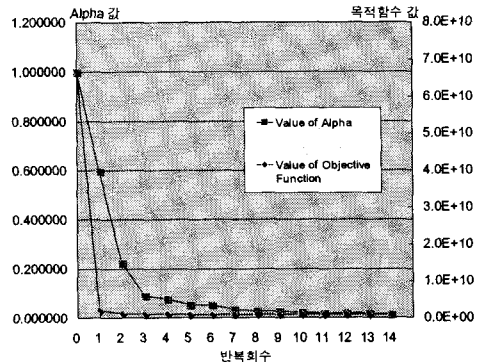
대상지역인 청주시의 도로망은 <그림 7>과 같다.



<그림 7> 청주시 도로망

### 4.2 구현의 결과

평형통행배정모형을 외부모듈을 이용하여 구현하여 수행속도면에서 향상을 꾀할 수 있다. 통행배정모형의 실제 구현은 Visual Basic을 이용하였다.

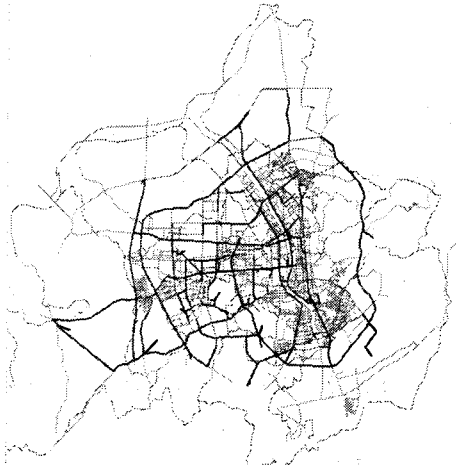


<그림 8> 목적함수값과  $\alpha$  값의 변화

Frank-wolfe 알고리즘을 바탕으로 여러 번의 반복 수행을 한 결과  $\alpha$  값은 반복회수 3회까지 급속히 감

소하는 경향을 보인 후 4회부터는 완만한 감소세를 보인다.

통행배정에 의해 얻은 도로망의 각 링크별 통행량과 V/C비를 GIS를 이용하여 다시 가시화하여야 한다. 다음 그림들은 통행배정의 결과를 각각의 평가지표(MOE)에 따라 다양하게 가시화한 결과이다.



<그림 9> 도로망의 통행량 배정결과



<그림 10> 도로망의 V/C비 결과 가시화

계 및 구현하였다. GIS는 공간정보를 효율적으로 다룰 수 있으므로 현재 많은 연구가 진행 중이며 앞으로 교통분야에 광범위하게 이용될 것이다. 이러한 상황에서 본 연구는 교통계획을 위한 GIS 컴포넌트 개발을 위해 Arc/Info의 ODE(Open Development Environment) 상에서 Visual Basic을 이용하여 통행배정모형의 GIS 컴포넌트화를 시도하였다. 그리고 정확하고 효율적인 통행배정모형의 GIS화를 위해서는 무엇보다도 도로의 속성자료에 대한 GIS 공간데이터 커버리지에 대한 명확한 설계가 있어야 하며 구축된 속성 데이터도 신뢰할 수 있도록 정확해야 한다.

마지막으로 청주시를 대상으로 적용해봄으로써 계획 및 분석가의 의사결정을 지원하도록 하였다.

### 참고문헌

1. 김창호 외, 1996, 교통부문 지리정보체계구축기 본계획구상, 국토개발연구원
2. 청주시 시내버스 노선체계 개선계획, 1999
3. 임강원, 1986, 도시교통계획, 서울대학교 출판부
4. ESRI, 1997, ARC Macro Language ? self study workbook, Environmental Systems Research Institute, Inc.
5. Sheffi, Y., 1985, Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods, Prentice-hall, Inc.
6. Anderson, M. D. and Souleyrette, R. R., 1997, "Transportation Planning GIS" FHWA Priority Technology Program Final Report, Publication of FHWA

### 5. 결론

본 논문에서는 통행배정모형을 GIS를 이용하여 설