

지형적 특성을 고려한 자전거 경로 선정에 관한 연구

A Study on Bicycle Route Selection Considering Topographical Characteristics

양정란* · 전철민**
Yang, Jung Lan · Jun, Chul Min

要 旨

녹색성장에 대한 관심이 높아지면서 친환경 교통수단인 자전거의 중요성이 증대되고 있다. 그러나 이에 기반이 되는 자전거도로는 지형적 요소를 고려하지 않고 설계되고 있어 실제 많은 이용자가 자전거를 이용하는데 불편함을 겪고 있는 실정이다. 본 연구는 자전거 활용에 있어서 통학에서 경로선택을 할 때 지형적 요소를 고려한 최적 노선을 선택하는 경로기법을 제시한다. 이를 위해 최적경로의 연산에 있어서 경사도와 교차로를 고려한 식을 도출하였으며, 변형된 다익스트라 알고리즘(Dijkstra Algorithm)을 적용해 최적 노선을 선정하는 방법에 대하여 연구하였다. 분석결과, 통학용 자전거도로는 목적지까지 신속하게 이동하기 위해, 목적지까지의 이동거리보다는 최단시간에 의해 선정되어야 한다. 따라서 노선을 선정할 때 횡단보도나 교차로에 의한 대기시간과 경사에 의한 속도증감을 고려한 최단시간 노선을 기준으로 해야 한다.

핵심용어 : 자전거 도로, 지형적 요소, 최적경로 탐색, 다익스트라 알고리즘

Abstract

As interest in green growth picks up, the importance of bicycles which are an environment friendly means of communication has been magnified. However, bicycle routes which are the base of bicycles are designed without considering topographic elements and thus many users are experiencing inconvenience in using bicycles. The present study presents a routing technique to select optimal routes when selecting routes in commuting to school utilizing bicycles. To this end, a formula for optimum route calculation considering slope and intersections was drawn and a method to select optimum routes by applying modified Dijkstra Algorithms was studied. According to the results, the bicycle routes for commuting to school should be selected by the shortest time rather than the shortest distances to the destination, because it required reach the destination faster. Therefore when selecting the routes, it must be based on the shortest time considering waiting time due to crosswalks or crossroads and speed variations due to slopes.

Keywords : Bicycle Routes, Geographical Factor, Optimal Path Finding, Dijkstra Algorithm

1. 서 론

자전거가 저탄소 녹색성장의 핵심요소로 부각되면서 자전거 이용을 활성화하기 위해 여러 가지 정책이 추진되고 있다. 그러나 우리나라는 자전거 보행자 겸용도로가 대부분이며 기존 도로에서 차로나 보도의 폭을 줄이는 방식으로 설치되고 있기 때문에 교통량, 연결성 등만을 고려한 평면적 설계가 이루어지고 있다. 특히, 그

지역의 지형을 고려하지 않은 자전거도로의 건설로 인하여 오르막길에서는 자전거를 타고 올라갈 수 없어 끌고 올라가야 하며, 내리막길에서는 속도가 너무 빨라 매우 위험한 경우도 있다(Yang, 2013). 최근 자전거도로 활성화를 위한 다양한 대안들이 나오고 있지만 설문조사 및 관련 자료 분석을 통한 설계 요소를 도출하는데 집중되고 있다(Yang et al, 2012). 따라서 구체적인 이용 목적과 실효성 있는 노선 선정 방법에 관한 연구

2013년 5월 13일 접수, 2013년 8월 14일 채택

* 정회원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 석사(Member, Master's degree, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, yjl0607@uos.ac.kr)

** 교신저자 · 정회원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 교수(Corresponding author, Member, Professor, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, cmjun@uos.ac.kr)

가 필요하다.

또한 자전거도로는 대부분 실제로 많은 이용자가 자전거를 통근, 통학 등 출·퇴근용으로 이용하기 보다는 주로 운동이나 여가활동을 목적으로 이용하고 있어 활용성면에서 떨어지고 있으며 이러한 결과, 생활교통으로의 자전거 이용은 15%로 레저에 비해 그 활용성이 적음을 보여준다(Kim, 2011).

따라서 본 연구의 목적은 지형적 요소를 고려한 최적의 노선으로 경로를 선택하는 것이다. 또한 자전거 이용에 있어서 생활교통으로의 접근이 활성화되도록 통학에 초점을 두었다. 이에 최적경로의 연산에 있어서 3차원적인 지형적 요소를 반영하기 위해 경사도와 교차로를 고려한 식을 도출하였다. 여기서 경사도는 자전거가 오르막과 내리막에 따라 속도가 달라지기 때문에 이들을 고려한 식을 구분하였다. 또한 교차로는 교차로의 수에 따라 대기시간을 다르게 고려하였다. 최적의 경로를 탐색함에 있어서 기존 연구들과 차별성을 두기위해 등·하교를 분리한 편도일 때와 왕복거리로 실험하였으며 이를 일반적인 최적경로와 비교하였다.

2. 관련 연구

본 연구는 두 가지에 초점을 두었다. 첫째, 지형적 특성인 경사도와 교차로를 도입하고자 하였다. 둘째, 기존의 다익스트라를 변형시켜 적용하여 최적 노선을 선정하고자 하였다.

첫 번째로 자전거도로에 지형적 요소를 고려하고 강조하는 연구들을 살펴보면, Song et al(1994)은 자전거도로 설계 시 구배는 중요한 경로선택 요소로 사용되며, 자전거 이용자들의 경로선택에 영향을 미치기 때문에 최소한의 경사도 기준을 고려하여 노선 설계를 해야 한다고 하였다. 또한 Ha(2012)는 보행에 관한 연구로 단순한 평면상의 네트워크 거리는 보행에 영향을 주는 지형적 특성이 반영되지 않기 때문에 지역에 따라 비슷한 결과 값을 나타낼 수 있다는 한계점이 있어, 경사도 기반 가중 접근성을 이용하여 지형특성을 고려하여 보행자가 체감하는 이동거리의 차이가 있다는 것을 밝혔다. 이러한 연구들은 자전거도로를 설계함에 있어 접근성과 지형적 특성인 경사도를 고려해야 한다고 주장하고 있다. 또한 본 연구는 차별성을 두기위해 도로의 노선을 편도와 왕복 거리로 적용하였으며, 노선 선정에 있어서 교차로까지 고려해 식을 도출하고 이를 비교하였다.

두 번째로 기존의 Dijkstra 알고리즘을 활용하여 변형한 국내·외 최적경로 선정 알고리즘에 관한 연구동향을 살펴보면, Back(2012)은 자전거 최적경로분석을 위

해 대표적으로 사용되는 다익스트라 알고리즘과 A* 알고리즘을 적용하여 이를 비교하고 자전거 최적 경로 선정을 하였다. Yoo et al(2002)은 물류배달을 위한 최단 및 최적경로 탐색을 위한 시스템의 필요로 최단경로 알고리즘을 GIS와 점목시켜 최단경로 탐색을 위한 시스템을 개발하고, 이 시스템에 도시교통 및 도시 가로망의 특성을 고려하여 보다 현실성을 갖춘 최단경로 시스템을 개발하였다. 또한 Lee(1999)는 노드를 이용해 거리를 계산하고 방향성을 갖는 깊이우선탐색방법과 너비우선탐색방법을 사용하여 경로탐색 분석 시스템을 개발하였으며, Park(2011)은 Dijkstra 알고리즘에서 회전제한이나 회전금지 등을 입력 자료로 사용했던 부분을 개선하고, 교차로의 통행특성을 고려하여 지체속성을 적용할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 이처럼 본 연구는 지형적 요소를 고려한 최적경로 연산을 위해 일반적인 Dijkstra 알고리즘에 경사도와 교차로 요소를 부여하여 변형하였다.

3. 제안한 방법

3.1 경사도 산정

Martello(2009)는 경사도를 고려하여 식을 도출하기 위해 네트워크 분석에서 사용되는 기본적인 저항을 이동시간, 이동거리, 이동비용 또는 비용합수를 통해 몇 가지 유형으로 표현하였다. 이러한 매개변수들은 비슷한 지형의 도로라도 자전거 이용자에 따라 소요되는 힘을 고려하지 않으면 자전거도로로 사용하기에 적합하지 않다고 보았다. 그래서 자전거 이용자를 위해 자전거도로의 소요되는 힘을 추정하는 작업이 필요하다고 언급하였다. Martello(2009)는 자전거도로를 설계할 때 그 지역의 지형적인 특성과 자전거 이용자에 따른 특성을 고려해야 한다고 보았으며, 속도모델 식을 제시하기 위해 공기저항 힘의 방정식을 기초로 제시하였다. 경사도에서 사용한 공기저항(W)은 다음과 같은 식 (1)에 의해 이루어진다. 여기서, C_b 는 드래그(drag) 계수 1.2를 의미하며, ρ 는 $0.3048m^3$ 당 슬러그(0.00237)에서 공기의 밀도 값을 환산한 것을 의미하며, A 는 바람 ($2.1336m^2$)에 직면하고 있는 자전거 타는 사람의 단면 영역을, V 는 초 당 $0.3048m$ 의 속도를 의미한다.

$$W: 0.3048 \times 0.5 \times C_b \times \rho \times A \times V^2 (m/sec^2) \quad (1)$$

Martello(2009)가 사용한 속도모델 식의 기본 이동속도는 $4.5m/sec$ 로 가정하였으며, slope는 소수로 표현하였다. 오르막, 내리막의 자전거 속도가 다르기 때문에

다음 식 (2)와 같이 분리하여 언급하였다. 여기서, 오르막 속도에서는 평균 이동속도가 최소 0.9m/sec에서 최대 4.5m/sec까지 허용되며, 내리막 속도에서는 최대 11.1m/sec까지 허용된다.

$$\begin{aligned} & \text{오르막 속도} & (2) \\ & : 4.5 - [(+slope) \times (125)] (m/sec) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{내리막 속도} \\ & : 4.5 - [(-slope) \times (500)] (m/sec) \end{aligned}$$

이를 우리나라의 자전거 이용자 특성에 맞게 고려하여 Lee(2011)는 현장 검증을 통해 식 (3)을 도출하였다. 여기서, 숫자 5는 평지에서의 평균 이동속도를 나타낸다.

$$\begin{aligned} & \text{오르막 속도} & (3) \\ & : 5 - [(+slope) \times (40)] (m/sec) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{내리막 속도} \\ & : 5 - [(-slope) \times (150)] (m/sec) \end{aligned}$$

Lee(2011)는 앞에서 제시한 경사도에 따른 자전거의 이동속도 계산식을 검증하기 위해 평지인 지역과 경사 지역에서의 노선을 시범지역으로 선정하였다. 시범지역에서의 수평거리 및 수직거리를 측정하고 자전거를 이용한 이동시간을 측정하고 계산식에 의한 이동시간과 실제 이동시간을 비교·분석하였다. 실험결과 평지에서는 실제속도가 약 4.72m/sec로 도출 식에 의한 속도 4.98m/sec와 약 0.26m/sec의 차이로 느린 것을 보였다. 오르막 경사에서는 실제속도가 2.82m/sec로 도출 식에 의한 속도 4.37m/sec와 약 1.55m/sec의 차이로 느린 것을 보였다. 이는 횡단보도에서의 대기시간이 약 1분에서 길게는 3분까지로 이동하지 않고 대기하였기 때문인 것으로 판단하였다. 이에 횡단보도에서의 평균 대기시간을 약 1분으로 계산할 경우 제안한 식과 거의 일치하는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 선행 연구를 토대로 우리나라의 이동특성에 맞게 경사도에 대해 도출한 식 (3)을 적용하였다.

3.2 대기시간 산정

자전거도로는 경사도뿐만 아니라 연결성을 고려하기 위해 교차로 요소를 함께 적용하였다. Son et al(2007)은 자전거에 대한 연구에서 자전거 이용자의 특성에 따른 횡단시간을 고려한 신호운영이 필요하며, 특히 교차

로의 경우 자전거 횡단시간을 고려한 최소녹색시간 계획이 이루어져야 한다고 하였다. 또한 교차로에 대한 신호대기 시간을 가정하는데 An et al(2006)은 보행신호시간에 대한 국내·외 사례를 분석하고, 보행신호시간 산정 식을 제안하여 실제 현장자료를 이용해 이를 비교·분석하였다. 대로, 중로, 소로마다 횡단시간이 조금씩 차이가 있었지만 평균적으로 60초 내외로 하였다. 본 연구에서는 선행연구를 토대로 1교차로 당 통과시간을 평균 1분으로 가정하여 교차로 당 통과속도를 식 (4)와 같이 제시하였다.

$$\begin{aligned} & \text{교차로 속도} & (4) \\ & : 1/60 \text{ (교차로/sec)} \end{aligned}$$

이를 변형시켜 식 (5)는 경사도의 오르막·내리막 길이에 대한 속도를 고려하고 교차로 수에 따른 속도모델 식을 변형해 최종적으로 제시하였다. 여기서, 숫자 5는 평지에서의 평균 이동속도를 나타내며, 1은 교차로의 수를 나타낸다.

$$\begin{aligned} & \text{오르막 교차로 속도} & (5) \\ & : 5 - [(+slope) \times (40)] - (I/60) \text{ (m/sec)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{내리막 교차로 속도} \\ & : 5 - [(-slope) \times (150)] - (I/60) \text{ (m/sec)} \end{aligned}$$

4. 실험 준비

4.1 대상지역 선정

본 연구의 대상지역은 자전거도로 이용이 가장 활발하며 지형적 특성인 경사도가 대체적으로 고르게 분포되어있는 서울시 송파구와 이에 반해 경사도의 분포차가 비교적 큰 노원구에 위치한 고등학교로 정하였다. 송파구는 자전거도로·보관대·대여소 등의 인프라가 서울시 전체의 25%정도로 주민과 함께 자전거 이용활성화에 노력하였고 꾸준히 프로그램을 개발하고 있다. 또한 송파구 도로는 구 전역이 바둑판식으로 잘 정리된 넓은 도로망의 건설로 자전거도로의 이용을 활성화하는데 다른 지역에 비해 잘 구성되어 있다. 이에 반해 노원구는 긴 네모꼴 형태의 모양을 하고 있으며, 현재 활발한 자전거 이용활성화 사업이 추진되었다. 또한 중앙 정부나 타 자치단체로부터 자전거 선진 지자체로 평가 받고 있다. 노원구는 총 4개의 자전거 시범학교를 지정하였으며, 학교 내에 자전거 주차시설, 자전거 보관대 설치, 자전거 대여소 등이 이루어지고 있다.

4.2 권역 설정

본 연구는 자전거 이용에 있어서 생활교통으로의 접근이 활성화되도록 통학에 초점을 두었다. 또한 자전거 이용을 가장 안전하고 많이 이용하는 고등학교를 대상으로 실험하였다. Fig. 1과 같이 서울시 송파구에 위치한 영동일 고등학교와 노원구에 위치한 미래산업 고등학교를 중심으로 반경 1km으로 설정하였다. 두 지역은 지형적 요소인 경사도를 고려했을 경우, 최적경로 탐색에 따른 결과 값을 비교하기 위해 적절한 대상지로 파악되어 연구를 실시하였다.

4.3 데이터 구축 및 가공

본 연구에서 사용한 데이터는 2012년을 기준으로 조사된 송파구와 노원구 자전거도로 현황자료를 참고하여 수집하였다. 또한 경사도와 건축물대장 등 그 외의 데이터들은 2009년도 서울시에서 제공하는 데이터를 사용하였다.

4.3.1 도로

도로 데이터의 경우 2009년도와 2012년도 서울시 한국교통연구원의 도로 데이터를 활용하였다. 대중소 도로를 모두 포함한 도로망 데이터를 활용하며 연구지역인 송파구의 영동일고와 노원구의 미래산업고의 반경 1km 이내 지역의 도로 데이터를 추출하여 구축하였다.

4.3.2 경사도

경사도 데이터는 서울시 등고선 데이터를 활용하여 ArcGIS에서 TIN(Triangulated Irregular Network) 기법을 사용하여 등고선과 표고점을 TIN으로 생성하였다. 생성한 TIN 데이터를 이용해 DEM 데이터를 생성하였으며, 완성된 DEM 데이터로부터 경사각을 구하였다. DEM에 기초한 경사정보는 도시계획 및 도로설계 분야에서도 매우 유용하게 활용된다(Lee et al, 2006).

4.3.3 주거

통학을 목적으로 고등학교와 주거지간의 origin-destination(O-D)를 설정하는데 있어서 사용된 주거 데이터는 2009년도 서울시 건축물대장 데이터를 활용하였다. 건축물에서 주거지에 해당하는 속성 데이터를 사용하였다. Park(2011)는 자전거 이용자 밀도 설문조사를 실시한 결과 1km~1.2km 구간이 가장 높게 나타났다. 이에 본 연구에서는 고등학교를 중심으로 1km 범위의 모든 주거지를 활용하여 구축하였다.

4.3.4 교차로

도심부 도로 네트워크의 경우 많은 교차로로 이루어져 있어 경로 상에서 여러 교차로를 경로하게 되고, 이에 따라 발생하는 추가적인 운행부하로 인해 경로 통행 시간에 많은 영향을 끼치게 된다. 이에 본 연구에서는 2009년도와 2012년도 서울시 한국교통연구원의 도로 데이터를 활용하여 구축한 도로 데이터를 활용하여 신호 교차로만을 구축하였다.

4.3.5 설계속도 기준

적용하기에 앞서 자전거도로 주행속도 설계에 있어서 다음과 같이 논리를 제시하고, 가정하였다. 행정안전부의 「자전거 이용시설 설치 및 관리 매뉴얼」을 보면 자전거의 속도는 자전거 유형과 조건, 자전거전용도로의 경사, 바람의 속도와 방향, 자전거전용도로 이용자의 유형과 수 등의 요소에 영향을 받는다. 일반적으로 자전거도로 설계속도는 30km/h 이상을 적용해야 한다. 하지만 자전거 이용자들이 이 속도보다 빠르게 달릴 수 있다고 하더라도 자전거 전용도로의 설계에서는 부적절하다. 자전거 이용자들의 주행속도는 내리막 등에서 50km/h를 초과하기도 하지만 대체로 20~30km/h 사이의 속도로 주행한다. 따라서 본 연구에서는 이를 참조하여 보다 실제적인 결과 값을 나타내기 위해 설계속도를 최대 30km/h로 설정하였다. 이를 환산하게 되면 최대속도가 약 8.333m/sec가 된다.

5. 실험 및 결과분석

5.1 자전거도로 최단경로 분석

본 연구에서는 통학을 목적으로 자전거를 이용할 경우, 출발지에서 목적지까지 가장 가까운 경로로 가고자 할 경우를 가정하여 이동거리 및 속도를 기준으로 최단경로를 선정하였다. Fig. 2를 보면 학교를 중심으로 권역 1km 이내에 위치한 모든 주거지까지 평균적인 단순 도로의 이동거리를 분석한 결과 모두 다른 경로를 나타냈다.

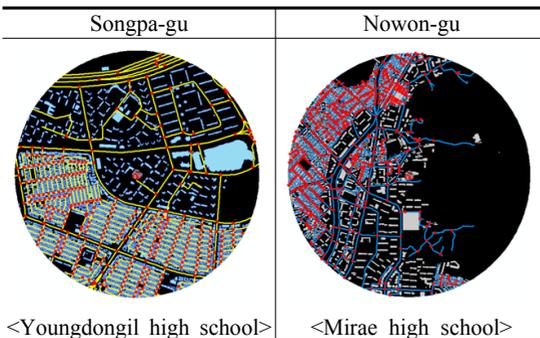


Figure 1. Target area

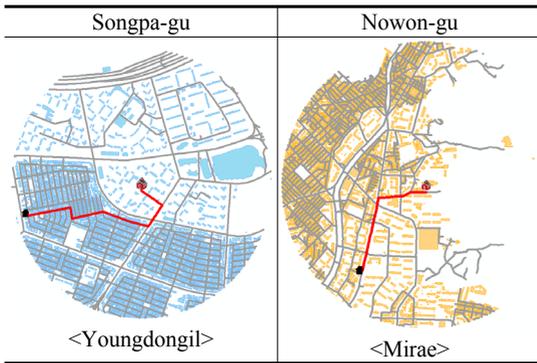


Figure 2. Shortest Path Analysis

Table 1. Shortest path result analysis

Item	Optimal distance (m)	Optimal speed (m/sec)
Youngdongil	1433.8	6.8
Mirae	861.1	5.4

Table 1에 나타난 분석 결과를 살펴보면 지형적 요소를 적용하지 않고 실험한 최단거리는 송파구에 위치한 학교가 노원구에 위치한 학교보다 거리가 약 600m 길게 나타났으며, 속도는 약 1.4m/sec로 조금 더 빠르게 나타났다. 또한 본 연구에서는 기존의 연구들과 차별성을 두기위해 왕복 거리뿐만 아니라 편도를 고려하여 실험하였다.

5.2 지형적 요소를 고려한 최단경로 분석

5.2.1 경사도 오르막

오르막의 경우 앞에서 실험한 단순 도로의 이동거리와 본 연구에서 제시하는 지형적 요소인 경사도를 편도 오르막 거리에 적용하여 최단경로를 선정한 결과 Table 2와 같이 나타났다. 또한 본 연구에서는 기존의 연구들

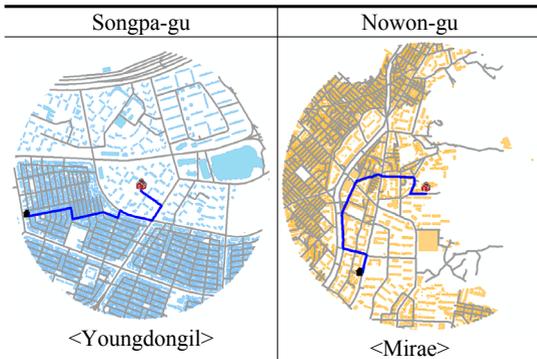


Figure 3. Uphill Shortest Path Analysis

Table 2. Uphill Shortest path result analysis

Item	Average slope (%)	Optimal distance (m)	Optimal speed (m/sec)
Youngdongil	3.0	1523.3	3.0
Mirae	15.0	989.8	4.0

과 차별성을 두기위해 왕복 거리뿐만 아니라 편도를 고려하여 실험하였다.

분석결과를 살펴보면 평균 경사도는 영동일고 3.0%, 미래산업고 15.0%로 노원구보다 송파구가 비교적 낮은 경사를 나타냈다. 영동일고의 경우 거리 약 89.6m, 속도 약 3.8m/sec로 큰 차이를 보였으며, 미래산업고의 경우는 거리 약 128.7m, 속도 약 1.4m/sec의 차이를 보였다. 각 학교마다 서로 다른 경로와 결과 값의 차이를 나타냈다. 이는 지형적 특성이 반영되어 경사도가 고려됨에 따라 보다 실질적인 결과 값을 나타낸 것이다.

5.2.2 경사도 내리막

지형적 요소인 경사도를 편도 내리막 거리에 적용하여 최단경로를 선정한 결과 Fig. 4 및 Table 3과 같이 나타났다.

내리막 거리에 적용한 최단경로 분석의 경우, 거리는 오르막 거리에 비해 영동일고 약 9.1m, 미래산업고 약 800.4m만큼 거리가 길게 나타났다. 그러나 이에 반해 속도는 영동일고 약 3.5m/sec, 미래산업고 약 4.2m/sec

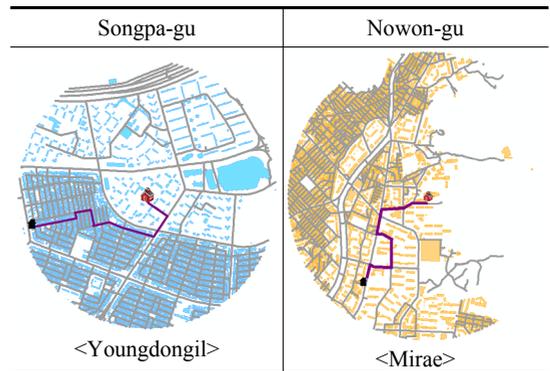


Figure 4. Downhill Shortest Path Analysis

Table 3. Downhill shortest path result analysis

Item	Average slope (%)	Optimal distance (m)	Optimal speed (m/sec)
Youngdongil	2.1	1532.4	6.5
Mirae	9.4	1790.2	8.2

만큼 더 빠르게 나타났다. 평균 경사도는 영동일고 2.1%, 미래산업고 9.4%로 오르막 거리에 비해 2% 이상의 차이로 낮게 나타났다. 경사도가 큰 미래산업고의 이동거리가 가장 긴 것으로 나타났는데, 이는 송파구 지역에 비해 경사도 변화가 크다는 것을 알 수 있다.

5.2.3 왕복 거리 경사도

지형적 요소인 경사도를 편도가 아닌 왕복 거리에 적용하여 최단경로를 선정한 결과 Fig. 5 및 Table 4와 같이 나타났다.

분석결과, 나타난 평균 경사도는 오르막 거리 보다는 낮으며, 내리막 거리 보다는 높은 경사도를 나타냈다. 거리 또한 영동일고의 경우 오르막 거리는 왕복 거리 보다 약 6.5m 더 길었으며, 내리막 거리는 약 2.5m 짧은 것을 나타냈다. 또한 속도는 왕복 거리에 비해 오르막 거리가 약 1.9m/sec 느렸으며, 내리막 거리의 경우는 약 1.6m/sec 속도가 빠른 것을 알 수 있었다. 이처럼 같은 지형적 요소를 적용하더라도 거리가 편도일 경우와 왕복 거리일 경우 서로 다른 경로와 서로 다른 결과 값을 나타낸다.

5.2.4 왕복 거리 경사도 및 교차로

마지막으로 지형적 요소인 경사도와 교차로를 왕복 거리에 적용하여 최단경로를 선정한 결과 Fig. 6 및 Table 5와 같이 나타났다.

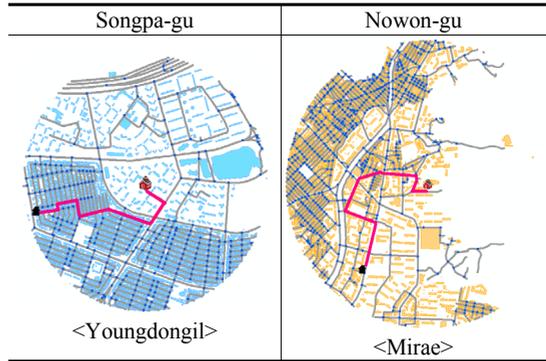


Figure 6. The slope and intersection of the shortest path analysis

Table 5. The shortest path result analysis considering slope and intersection

Item	Average slope (%)	Optimal distance (m)	Optimal speed (m/sec)	Intersection
Youngdongil	3.3	1640.1	3.1	6
Mirae	11.1	1024.0	4.2	7

왕복 거리에 경사도만을 적용한 경우와 비교해보면 경사도는 거의 비슷하나 속도는 더 느리게 나타났다. 그 이유는 경사도뿐만 아니라 교차로를 함께 고려하였기 때문이다. 영동일고의 경우 22개, 미래산업고의 경우 31개로 교차로가 산정되었다. 하지만 경로가 지나가는 모든 교차로를 고려하게 되면 현실성이 떨어진다고 판단되어 신호 교차로만을 고려하여 적용하였다. 그 결과 영동일고 6개, 미래산업고 7개의 교차로가 산정되었다. 또한 앞에서 실험한 Fig. 5의 경로와 동일한 루트인 것을 볼 수 있다. 비교해 보면, 영동일고의 경우 경사도와 교차로를 모두 적용한 경우가 경사도만을 고려한 경우보다 거리는 110.3m 더 긴 것으로 나타났지만, 속도는 1.8m/sec 만큼 더 느린 것으로 나타났다. 이는 경사도만을 고려했을 때 보다 경사도와 교차로를 함께 고려함으로써 큰 차이를 보이게 되는 것이다.

6. 결론

본 연구에서는 자전거도로에 지형적 요소를 고려한 최적의 노선으로 경로를 선택하는 방법을 시도하였다. 또한 자전거 이용에 있어서 생활교통으로의 접근이 활성화 되도록 통학에 초점을 두고 실험하였다. 이를 위해 최적경로의 연산에 있어서 경사도와 교차로를 고려

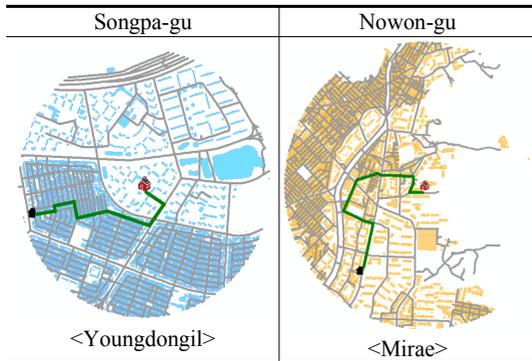


Figure 5. Round-trip Shortest Path Analysis

Table 4. Round-trip shortest path result analysis

Item	Average slope (%)	Optimal distance (m)	Optimal speed (m/sec)
Youngdongil	3.4	1529.9	4.9
Mirae	11.1	1423.0	6.5

한 식을 도출하였으며, 변형된 다익스트라 알고리즘 (Dijkstra Algorithm)을 적용해 최적노선을 선정하는 방법에 대하여 연구하였다.

분석결과, 지형적 요소를 고려하지 않은 경우와 고려한 경우간의 거리와 속도가 차이 있는 것을 알 수 있었으며, 자전거도로의 최적노선을 선정하기 위해서는 출발지와 목적지를 연속적으로 연결할 수 있는 교차로와 같은 연결성과 접근성이 확보된 도로의 구성이 중요하다는 것을 알 수 있었다. 따라서 자전거도로를 선정함에 있어서 단순하게 이동 거리를 기준으로 노선을 선정하기보다는 횡단보도나 교차로에 의한 대기시간과 경사에 의해 속도 증감을 고려한 최단시간을 기준으로 노선이 선정되어야 함을 알 수 있었다. 본 연구는 향후 지속적으로 증가하고 있는 자전거도로의 개선 및 확충하는데 효과적으로 수행하기 위한 기초근거로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 공간정보 전문인력 양성사업과 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음(No. 2011-0009601).

References

1. Ahn, Gye-Hyeong, Kim Eun-Jung, Lee Yong-Il, Jung Jun-Ha, Kim Young-Chan, 2006, A study on the estimation of pedestrian signal timing, Journal of Korean Society of Transportation, Vol.24 No.5, pp. 57-66.
2. Back, Seung-Heon, 2012, A study on bicycle route selection using optimal path search, Master's Degree Thesis, Chonnam National University.
3. Ha, Eun-Ji, 2012, Assessing pedestrian networks using weighted accessibility based on road slope, Master's Degree Thesis, University of Seoul.
4. Kim, Jong-ho, 2011, The service quality evaluation of community bicycle road on a view of user, Master's Degree Thesis, Hanyang University.
5. Lee, Kwang-won, 2011, Bike route selection methods considering user characteristics using GIS, Doctoral Thesis, University of Incheon.
6. Lee, Geun-Sang, Choi Yun-Woong, Cho Gi-Sung, 2006, Suggestion of slope evaluation by DEM-based aggregation method, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol.26 No.6D, pp.1019-1023.
7. Lee, Shin-Jun, 1999, Efficient path search algorithms on a network in GIS, Master's Degree Thesis, Yonsei University.
8. Mike Martello, 2009, Alternative impedances for shortest path network analysis for cycling, AASHTO GIS-T Conference.
9. Ministry of Public Administration and Security, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010, Korea cycling design standards.
10. Park, Ha-na, 2011, A study on the utilization of bicycle for commuting to school, Master's Degree Thesis, University of Seoul.
11. Park, Hye-Sook, 2011, An improvement of a heuristic path search technique based on traffic characteristics at the intersection, Master's Degree Thesis, Sogang University.
12. Song, Chang-Yong, Chang Myung-Soon, Ha Dong-Ik, 1994, Guideline for vertical length by grade for bikeway, Journal of Korean Society of Transportation, Vol.12 No.4, pp. 21-33.
13. Son, Young-Tae, Lee Jin-Kak, Lee Sang-Hwa, Kim Hong-Sang, 2007, Analysis of bicycle crossing times at signalized intersections for providing safer right of bicycle users, International journal of highway engineering, Vol.9 No.3, pp.83-89.
14. Yang, Jung-Lan, Kim Hye-Young, Jun Chul-Min, 2012, Bicycle optimal path finding considering moving loads, Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System, Vol.20 No.4, pp.89-95.
15. Yang, Jung-Lan, 2013, Bicycle optimal path finding incorporating topographical characteristics, Master's Degree Thesis, University of Seoul.
16. Yoo, Hwan-Hee, Woo Hae-In, Lee Tae-Soo, 2002, Development of optimal routes guidance system based on GIS, Journal of the Korean society for geospatial information system, Vol.10 No.1, pp.59-66.