

최적경로 알고리즘을 이용한 지하철역 보행 및 자전거 접근시간 지도 제작과 적용 연구: 강남권역을 사례로

안영수* · 장성만** · 이승일***

A Study on the Map of Walk- and Bicycle-Access Time to Subway Station Using a Shortest-part Algorithm for Gangnam Area of Seoul

Young Soo An* · Seong Man Jang** · Seung Il Lee***

요약 : 본 연구는 지하철의 이용률을 높일 수 있도록 지하철역 출입구까지의 보행과 자전거 수단 사용에 따른 접근시간 지도 제작 방법론을 개발하고 이를 활용하여 접근 취약지역을 분석하는 것을 목표로 수행되었다. 보행의 특성상 횡단보도, 지하도, 육교와 같은 보행로의 구분에 따라 통행속도의 차이가 발생할 수 있으며, 철로, 수로 등으로 보행이 단절되는 경로와 접근시간의 특징을 갖는다. 따라서 사례 대상지인 강남권역을 대상으로 보행로를 구분하여 네트워크를 구축하였으며, 적합한 경로알고리즘을 선정하여 접근시간 기반의 접근지도 제작 방법론을 개발하였다. 개발한 방법론을 적용시켜서 지하철역 출입구로의 보행접근시간이 10분을 초과하는 열악한 지역을 분석하였다. 이와 같은 보행접근도 산정 방법론은 지하철역의 보행환경을 평가하거나 보행지표로의 활용가치가 높다. 또한 향후 지하철역의 신·증설에 따른 보행환경 변화와 취약지역 등을 분석하고, 도출된 보행지표와 지가, 건축물의 용도, 상가 매출 등의 자료와 비교하는 등 다양한 활용이 가능하다.

주제어 : 지하철 역세권, 보행접근도, 보행환경, 최단경로 알고리즘, 네트워크 분석

ABSTRACT : The purpose of this study is to develop a methodology for producing a map of walk-bicycle-access time to the stations of the Seoul Metropolitan Subway using GIS. Walking has its own peculiarities defined by access routes and time. They are to be affected by the obstacles such as crosswalk, underpass and pedestrian overpass. Walking could also be discontinued by other reasons. The methodology was developed in this research to calculate the access time using a shortest-path algorithm in consideration of the walking conditions. For its application, a pedestrian network was built for the Gangnam area of Seoul. On the basis of the network access routes and time were calculated using the methodology. And the so-called unfavorable areas in using subway were identified, where the access time to subway station exceeds 10 minutes. The methodology can also be applied to make a pedestrian accessibility index, which is to be compared with land prices, building uses, or sales.

Key Words : Subway station area, Pedestrian accessibility, Pedestrian environments, Shortest-path algorithm, Network analysis

* 서울시립대학교 대학원 도시공학과 박사 수료(Doctoral Candidate, Department of Urban Engineering, University of Seoul)

** 서울시립대학교 대학원 도시공학과 석사과정(Graduate Student, Department of Urban Engineering, University of Seoul)

*** 서울시립대학교 대학원 도시공학과 교수(Professor, Department of Urban Engineering, University of Seoul),

교신저자(E-mail: silee@uos.ac.kr, Tel: 02-2210-2682)

I. 서론

최근 대중교통의 활발한 이용을 통하여 지금까지 승용차 의존적 교통체계로 인해 발생하였던 여러 가지 부작용들, 즉 교통혼잡, 에너지소비, 대기오염, 소음, 교통사고, 녹지훼손 등을 상당부분 해소할 수 있을 것으로 기대하고 있다(김재홍 외, 2007). 특히 지하철은 정시성과 안정성이 높으며 공해가 없는 대중교통수단이라는 장점으로 인해, 지하철의 건설과 이용 증대라는 필요성을 보다 부각시킨다(심종섭·전기홍, 2000).

서울시는 1974년 지하철 1호선이 개통된 이후 지속적으로 2~8호선을 개통시켰으며, 2009년을 기준으로 9호선의 일부 구간까지 포함한 총 258개 역, 총연장 380.4km를 구축하였다. 또한 향후 9호선 잔여 구간 개통과 신분당선 등이 추가로 건설될 예정에 있다(철도청 홈페이지 참조). 그러나 지하철 교통수단의 특성상 노선과 역을 지속적으로 공급하기에는 물리적인 제약이 크다. 따라서 대중교통의 이용률을 제고하기 위하여 중요한 것은 대중교통시설로의 접근성을 이용자에게 수용 가능한 수준으로 높여야 한다는 것이라 할 수 있다(Krygsman et al., 2004).

대중교통시설 중 지하철 출입구까지의 접근은 승용차나 버스, 택시 등의 접근과 보행 또는 자전거의 접근으로 이루어진다. 자동차 위주의 접근은 차로를 중심으로 접근하기 때문에 차로와 노선에 따른 선적인 접근 한계를 나타내는 반면, 보행과 자전거 위주의 접근은 접근경로가 다양하고 포괄적으로 발생함에 따라 도로 및 주변 건축물들을 포함한 면적인 접근 특성을 나타낸다. 또한 보행과 자전거를 통한 접근은 철로나 하천 등으로 단절되기도 하고 횡단보도, 지하도 등의 시설로 인

해 접근시간이 지연되며 보행자전용도로, 보차혼용도로 등 보행로의 구분에 따라 보행 저해요인에 의하여 통과시간에 차이가 발생하게 된다. 따라서 지하철 출입구까지의 보행 및 자전거 접근시간 기반의 보행접근 지도를 제작하기 위해서는 보행과 자전거 통행이 가능한 모든 도로를 중심으로 네트워크를 구축하여 도출된 접근시간을 기반으로 접근 가능한 면적을 지도로 만들어야 한다.

그러나 국내의 지하철역 보행접근시간 산출에 관한 연구는 역세권을 반경 500m로 지정하여 해당 반경에 포함되는 보행시설 및 보행로의 경사와 밀도(손동욱·김진, 2010; 박세훈 외, 2009)로 접근도를 산출하거나, 지하철역까지의 직선거리를 기준으로 접근도를 산정한 연구(이수일 외, 2010; 오은열·정봉현, 2008)가 주로 이루어진 실정이다.

이와 같은 배경에 따라 본 연구의 목적은 첫째, 지하철역 입구까지의 보행접근시간을 산정하기 위해 최적경로 알고리즘을 통한 접근시간 기반의 접근시간 산정 방법론을 제시하는 것이며, 둘째, 제시한 방법론을 활용하여 보행 및 자전거 통행에 따른 지하철역 출입구까지의 접근시간 지도를 제작하고 취약지역을 분석하여 보행로 개선 및 자전거 거도로 개설에 대한 영향을 확인하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 사례 대상지역을 선정하여 보행 및 자전거 네트워크를 구축하고, 방법론을 적용하였다. 연구의 시간적 범위는 2010년으로 하였으며, 공간적 범위는 사례 대상지인 서울시의 강남권역으로 설정하였다.

연구의 과정은 이론 및 선행연구 고찰을 통해 지하철역으로의 접근도 산정 방법론에 대한 이론적 근거와 틀을 마련하였고, 국외 연구지표를 선별적으로 적용하였으며, 실제 적용할 강남권역을 대상으로 네트워크를 구축하였다. 구축된 강남의

보행네트워크에 보행접근시간 산정 방법론을 적용하여 지하철역으로의 보행접근성이 취약한 지역들을 도출하고, 결론과 시사점을 도출하였다.

II. 이론 및 선행연구 고찰

1. 이론 고찰

본 연구는 지하철 출입구까지에 대한 네트워크 경로의 통행시간을 기반으로 보행접근시간을 산정하는 것으로, 경로를 탐색하는 최적경로 알고리즘 이론에 대한 고찰이 필요하다. 지하철역 부근에서 지하철역 입구까지의 네트워크 시간을 계산하기 위한 최적경로 알고리즘은 물리학, 컴퓨터공학, 교통공학 등 다양한 분야에서 널리 사용되는 것으로서 그 중 대표적인 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘, 플로이드(Floyd) 알고리즘, 에이스타(A*) 등이 있다(김재준, 2007).

다익스트라 알고리즘은 최단거리(최단시간)를 구하는 방법으로 가장 널리 알려졌다. 선행적인 지식이 없는 상태에서 로컬 경로 비용에 대한 의존만으로 시작 지점에서 목표 지점까지의 최단경로를 탐색하는 알고리즘이다. 다익스트라 알고리즘은 최초 시작 지점과 직접 연결된 지점과의 최단경로를 구한 후 노드를 확장하며 최초 지점부터 목표 지점까지의 최적경로를 추정하여 정확한 결과를 도출하는 장점이 있지만 모든 노드의 경로를 탐색해야 하기 때문에 연산의 횟수가 많다는 단점이 있다(Soltani et al., 2002).

플로이드 알고리즘도 선행적인 지식이 없는 상태에서 최단거리(최단시간)를 구하는 방법이다. 다익스트라 알고리즘과 같이 정확한 최적경로를 추정하는 장점이 있으나, 코딩의 시간복잡도가 다익스트라 알고리즘보다 높다는 단점이 있다

(Stefan, 2010).

앞의 두 알고리즘은 출발지와 목적지 노드의 경로 구성 및 네트워크 구조의 위치에 대한 선험적인 지식을 사용하지 않고 외부 검색기술을 채용한 ‘맹목적 탐색’이라고 한다면, A* 알고리즘은 최적경로를 탐색하는 데 있어 출발 지점에서 목적지 방향의 경로를 중심으로 최적경로를 탐색하고 검색과정에 사용된 정보를 통해 알고리즘을 개선하는 알고리즘이다. 이 알고리즘은 기존의 맹목적 탐색 알고리즘보다 빠른 속도로 최적경로를 탐색할 수 있다는 장점이 있지만 정확도가 떨어지는 단점이 있다(Fu et al., 2006).

2. 선행연구 고찰

지하철역으로의 보행 및 자전거에 의한 접근시간 산정 방법론과 관련된 국내·외 선행연구를 고찰하여 본 연구의 방법론 개발에 있어 시사점을 도출하였다.

손동욱·김진(2010)은 서울시를 대상으로 역세권의 공간적인 특성과 대중교통 이용률 간의 연관성을 분석하였으며, 그 중 역세권의 공간적인 특성의 하나인 보행에 대한 편의성을 변수로 활용하였다. 보행의 편의성은 역세권을 기준으로 역세권 안에 포함되는 인도의 평균 경사도를 활용하였다.

박세훈 외(2009)는 서울시의 일부 역세권을 중심으로 공간구조를 분석하였으며, 토지이용과 관련된 계획요소 중 보행의 편의성을 해당 요소로 선정하여 분석하였다. 보행의 편의성을 보행동선의 편리성, 보행환경의 쾌적성, 보행자·자전거도로 연계로 구분하여, 직접 현장을 확인한 후 도면에 표시하는 방법을 사용하였다. 이를 통해 보행의 단절 등을 확인하였다.

김재준(2007)은 다양한 접근수단을 고려한 지

하철 역세권 접근시간 산정모형을 도출하였다. 서울시의 쌍문역을 연구 대상으로 보행과 마을버스 수단을 연계한 접근시간을 분석함으로써 반경에 의한 역세권과 접근경로시간에 의한 역세권의 차이를 규명하였다.

박지영(2008)은 서울시 강동구를 대상으로 버스이용의 접근성 차이에 따른 교통취약지역을 분석하였으며, 버스정류장의 밀도와 버스정류장의 노선을 이용하여 접근성과 이동성 측면의 버스교통수단 이용의 취약지역을 분석하였다.

이상에서 살펴본 국내의 보행접근성 관련 연구 검토 결과, 지하철 이용률과 관련하여 지하철역로의 보행접근시간이 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 그러나 보행의 특성인 접근경로와 시간이 반영되지 않은 변수를 활용함으로써 실제적인 보행접근성이 반영되지 못한 한계를 나타내고 있다.

국외의 선행연구로 Ryan and Frank(2009)는 보행자의 지하철 접근성을 높일 수 있는 지하철역 입지와 관련하여 보행의 접근성을 분석하였으며, 역으로부터의 반경 500m를 기준으로 접근 가능한 시설을 지표로 삼았다. San Francisco Department of Public Health(2008)에서는 미국의 샌프란시스코를 대상으로 '보행자환경수준지표'(Pedestrian Environmental Quality Index)를 산정하였다. '보행자환경수준지표'는 보행자의 이동 경로에 대하여 횡단보도와 육교, 대기 시간, 보도 폭 등 다양한 요소로 평가하여, 보행자 보행환경 수준을 1~100의 지표로 환산해 지하철역 주변지역을 중심으로 평가하였다.

Pivo and Fisher(2010)는 상업용도지역을 대상으로 부동산 가치와 투자수익에 대한 보행력(Walkability)의 효과를 분석하였는데, Walk Score와 Transit Score를 활용하였다. 이중 Transit

Score는 지하철역을 중심으로 보행환경을 평가한 지표로서 0~100의 범위를 가지며 역에 근접할수록 높은 값을 갖는 면적을 동일한 색으로 표현하여 보행접근기반의 접근지도를 도출하였다(〈그림 1, 2〉 참조).



〈그림 1〉 San Francisco의 Transit Score



〈그림 2〉 Philadelphia의 Walk Score

이상에서의 국외 선행연구에서는 지하철역을 중심으로 보행자의 접근시간과 경로를 고려하여 보행자의 접근지표를 산정하고 있으며, 이를 통해 보행으로의 접근이 취약지역 등에 대한 개선안을 도출하고 있음을 알 수 있었다.

Ⅲ. 보행 네트워크 구축

1. 연구 대상지역의 현황

연구 대상지역은 서울의 도심이면서 유동인구가 일일 평균 203,544명(2010년 기준, 철도청 홈페이지 참조)으로 서울 지하철역 중 유동인구가 가장 많은 강남역 일대를 포함하는 강남권역(21,770,357㎡)으로 선정하였다. 강남권역에는 2011년 현재 총 5개의 노선(2, 3, 6, 7, 9)과 16개의 지하철역(강남, 선릉 등)이 있다. 또한 2013년까지 9호선과 신분당선역이 추가로 건설될 예정이다. 지하철역마다 2~8개의 출입구를 포함하고 있으며, 역마다의 출입구 개수 차이는 있으나, 본 연구는 지하철 출입구까지에 대한 접근성을 분석하는 연구로서 지하철역의 모든 출입구를 대상으로 하였다.

2. 보행로 평균 보행속도와 보행 네트워크

보행로의 속성에 따라 속도가 달라질 수 있다. 예를 들어, 보행과 자동차가 혼용으로 사용되는 도로는 보행자 전용도로보다 보행속도가 상대적으로 낮아질 수 있으며, 육교나 지하도의 경우 계단에 따른 보행속도가 낮아질 수 있다. 횡단보도는 대기시간에 따라 보행속도에 영향을 받는다. 또한 통행자의 특성¹⁾에 따라 보행속도는 영향을 받는데, 통행자가 보행이 아닌 자전거를 이용할 경우 인도 및 보차혼용 도로뿐만 아니라 자전거도로가 설치되어 있을 경우 그 영향이 크다.

보행로의 각 도로 종류별 평균 보행속도는 보행자가 연결 구간에서 낼 수 있는 평균적인 속도를 의미하며, 평균 속도를 기준으로 지하철역까지의 접근성을 도출하였다. 기준이 되는 보행로는 인도로 성인 보행속도인 약 4~5km/시간을 기준으로



〈그림 3〉 연구대상지역(강남권역)

1) 보행자의 특성은 연령, 장애 등의 여부에 따라 달라질 수 있으나, 본 연구에서는 성인을 기준으로 하였다.

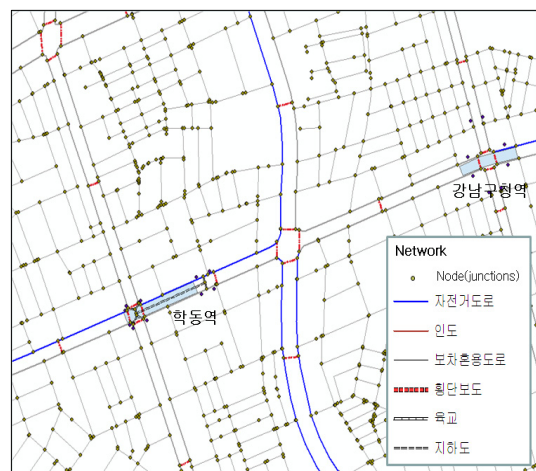
설정하였으며, 횡단보도와 지하도·육교는 임종훈·김동녕(2000)의 연구결과를 기초로 신호대기 시간을 고려하여 36m/분, 지하도와 육교의 통행 속도는 계단에 따른 보행속도 저감을 같은 기준으로 적용하여 46m/분으로 하였다.²⁾ 보차혼용도로는 그 중간값인 54m/분을 평균 속도로 하였다. 이를 기준으로, 자전거의 평균 속도는 손영태 외(2007)의 연구결과를 기초로 인도 및 보차혼용도로에서는 1.5배 증가된 속도로 하였으며, 횡단보도와 육교 및 지하도의 경우 유희권 외(2003)의 연구결과를 기초로 자전거 운반의 부담을 노약자의 보행속도를 기준으로 1/2값을 적용하여 설정하였다.³⁾ 또한 자전거도로가 설치된 구간에서는 자전거 평균 속도를 고려해 147m/분을 적용하였다.⁴⁾

〈표 1〉 보행로 및 통행자 구분별 평균 속도

구분	보행 평균 속도	자전거 사용 평균 속도
보행로(인도)	72m/분	108m/분
보차 혼용도로	54m/분	81m/분
횡단보도	36m/분	18m/분
육교	46m/분	23m/분
지하도	46m/분	23m/분
자전거 전용도로	-	147m/분

구분된 보행로 평균 속도를 기반으로 강남권역에 대하여 보행 네트워크를 구축하였다. 네트워크는 2008년 수치지형도의 도로 중심선을 활용하였

으며, 인도는 인도의 중심선이 구분되어 구축되어 있지 않은 관계로 직접 중심선을 입력하여 구축하였다. 지하도 및 육교, 횡단보도의 경우도 마찬가지로 항공사진과 비교하여 직접 입력하여 보행 네트워크를 구축하였다. 단, 횡단보도의 경우 신호등이 있는 횡단보도만 표현하였으며, 그 외 신호등이 없는 횡단보도는 보차혼용도로로 구분하였다.



〈그림 4〉 보행 네트워크 구축(학동역)

IV. 지하철역으로의 접근 취약지역 분석

1. 보행접근시간 지도 작성 방법론

앞의 관련 이론 고찰을 통하여 대표적인 최적 경로 알고리즘을 비교·분석한 결과를 토대로 연구에 적합한 알고리즘으로 GIS를 활용하여 분석이 용이한 다익스트라 알고리즘을 선정하였다. 특

2) 임종훈·김동녕(2000)은 서울시 역세권을 대상으로 횡단보도와 지하보도를 통과하는 평균 속도를 실증분석을 통해 산정하였다. 단순횡단의 횡단보도 평균 이동 거리는 78m이고, 지하도는 119m로 나타났다. 평균 소요시간은 횡단보도 111.3초, 지하도 125.6초로 나타났다. 이를 평균속도로 산정하여 본 연구에 각각 적용하였다. 단, 보차혼용도로는 그 중간값을 평균 보행속도로 설정하였다.

3) 유희권 외(2003)는 한국 노인의 보행속도를 실험적으로 분석하여 특별한 장애가 아닌 정상 노인의 보행속도를 40m/분으로 도출하였으며, 이는 성인 기준 1/2에 해당되어 이를 활용하였다.

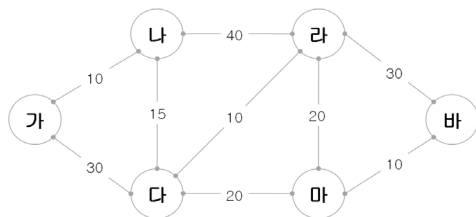
4) 손영태 외(2007)는 상주시와 부천시 일부를 선정하여 실험적으로 자전거 통행 속도를 산출하였으며, 전체 자전거 평균속도 2.47m/초를 도출하였으며, 이를 본 연구에 활용하였다.

히, 다익스트라 알고리즘은 모든 결절점에서의 접근 경로를 분석함으로써 다수의 지하철역에 대한 접근성을 분석하는 데 용이하다.

다익스트라 알고리즘은 작은 문제를 먼저 해결하고 반복계산을 하는 것이 아니라 갱신결과를 이용하는 다이나믹 방식이다. 컴퓨터의 자원을 많이 필요로 하지만, 가중그래프를 인접경로 행렬⁵⁾로 표현함으로써 보다 쉽게 최단 경로를 구할 수 있다(김재준, 2007). 인접행렬 W 는 가중그래프와 경로에 대한 가중값으로 정의되며, 가중값은 두 지점(i, j) 사이에 대한 경로값(w_{ij} : 거리, 비용, 시간 등)을 의미한다. 만약, 두 지점(i, j)의 연결이 없을 경우 경로값 w_{ij} 는 무한대(∞)의 값을 갖는다(Jalai and Noroozi, 2009).

$$W_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{if } i = j \\ \text{weight of edge } (i, j) & \text{if } (i, j) \in E, i \neq j \\ \infty & \text{if } (i, j) \notin E, i \neq j \end{cases}$$

가상의 네트워크를 구축하고 각 기점간의 거리에 따른 소요시간을 임의로 설정하여 각 지점별로 모든 지점에 대한 가중그래프와 인접행렬을 작성하면 <그림 5>, <표 2>와 같다.



<그림 5> 예시적 경로 네트워크의 가중그래프

<표 2> 예시적 인접경로 행렬

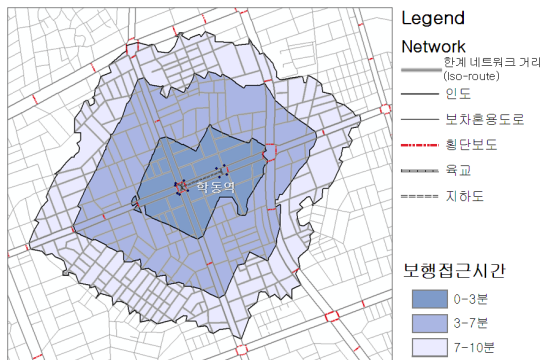
시점 \ 종점	가	나	다	라	마	바
가	0	10	30	∞	∞	∞
나	10	0	15	40	∞	∞
다	30	15	0	10	20	∞
라	∞	40	10	0	20	30
마	∞	∞	20	20	0	10
바	∞	∞	∞	30	10	0

예를 들어, ‘가’ 지점에서 ‘다’ 지점으로의 최적 경로를 찾는다면, ‘가’ 지점은 동일한 지점으로 0 값을 가지며, ‘라’, ‘마’, ‘바’는 인접한 경로가 없으므로 ∞ 값을 갖는다. ‘나’와 ‘다’의 경우 ‘나’의 경우가 경로값(10)이 작으므로 ‘나’를 선택하고, 다시 ‘나’ 지점에서 인접한 ‘다’, ‘라’ 지점의 경로값을 검토하여 값이 작은 ‘다’ 경로를 최종적으로 선택한다.

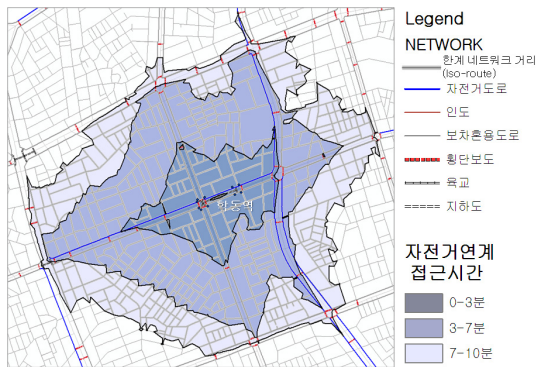
다익스트라 알고리즘을 적용하여 지하철 출입구에서 경로가 연결되어 있는 모든 지점으로의 단위 시간(분)당 도달 가능 지역들을 GIS 분석틀⁶⁾을 활용하여 산출하였으며, 이중 보행과 자전거 통행의 예시로 학동역 부근을 도식화하면 <그림 6>, <그림 7>과 같다. 보행의 경우 보행로인 인도를 중심으로 확장되고, 자전거 통행은 자전거도로가 설치된 곳을 중심으로 확산되는 것을 볼 수 있다.

5) 가중그래프(weighted graphs)는 각 지점(vertex)과 각 지점이 연결되는 경로(edge)에 거리, 비용 또는 시간 등의 가중값이 부여된 그래프를 의미하며(<그림 5> 참조), 인접경로행렬(adjacency matrix)은 경로별 가중값을 매트릭스 형태로 표현한 것을 의미한다(Chen, 1982).

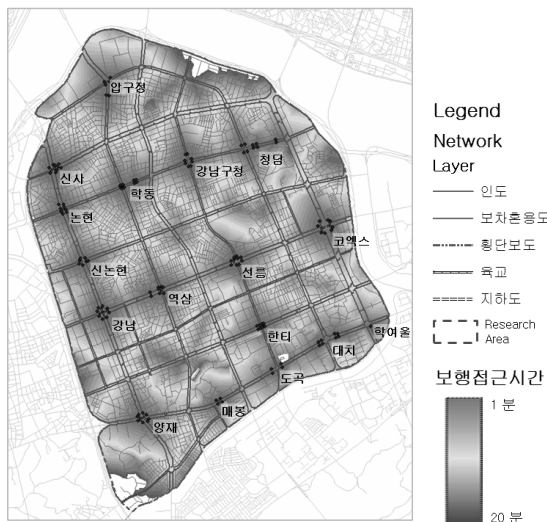
6) ESRI ArcGIS 10.0 Network Analysis의 service area는 네트워크를 기반으로 접근 시간에 대한 한계 경로(iso-route)를 산출하고, 이를 기반으로 불규칙삼각망(TIN)을 만들어 폴리곤을 생성함으로써 접근시간 내 도달가능 면적을 제공한다.



〈그림 6〉 보행 접근시간 산출(학동역)



〈그림 7〉 자전거 접근시간 산출(학동역)



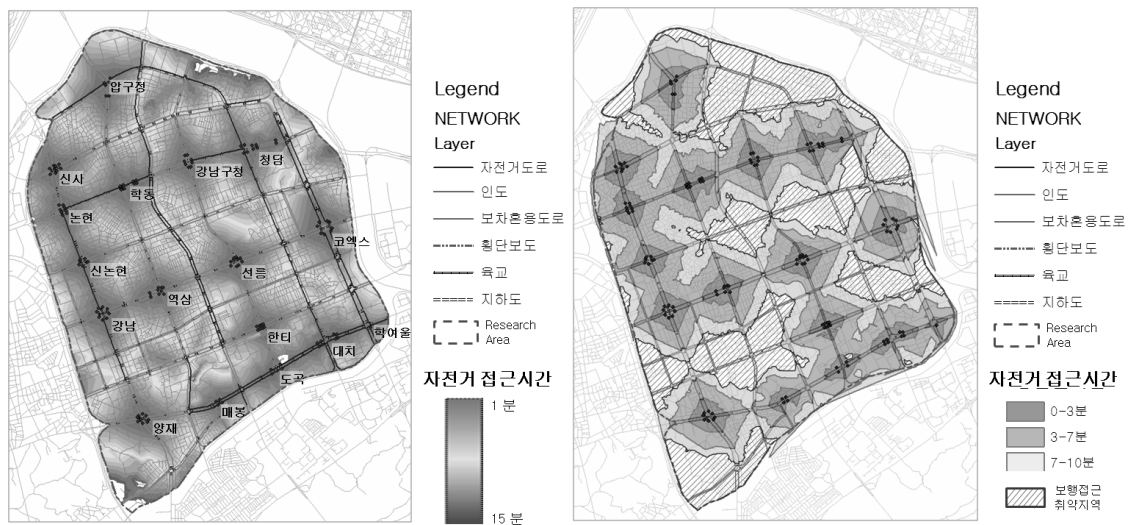
〈그림 8〉 보행접근시간 지도 및 취약지역 분석

2. 지하철역 보행 및 자전거 접근시간 지도 작성 및 접근 취약지역 분석

구축된 방법론을 통해 지하철역으로의 보행 및 자전거 접근시간 지도를 작성하였으며, 이를 기반으로 지하철역 출입구까지 접근 시간이 10분을 초과하는 지역을 보행접근 취약지역으로 분석하였다(〈그림 8, 9〉 참조).⁷⁾

〈그림 8〉은 강남권역의 모든 지하철 출입구까지의 보행접근시간을 기반 보행접근시간 지도와 각각 3, 7, 10분까지 접근이 가능한 지역을 보여준다. 그 이외 지역은 보행으로의 접근이 10분을 초과하는 지역으로, 보행접근이 취약한 지역으로 볼 수 있다. 마찬가지로 〈그림 9〉는 모든 지하철역 출입구까지의 자전거 수단을 활용한 접근시간 지도와 이를 기반으로 접근 10분을 초과하는 지역을 나타내고 있다. 연구 대상지인 강남권역의 전체면적(21,770,357㎡)과 보행 접근과 자전거 연계 접근에

7) 배준구(1981)는 역세권의 거리를 실험적인 방법을 통해 보행 기준으로 0.8km 규정하였으며, 김성희 외(2001)도 실증분석을 통해 대중교통으로의 보행거리가 통행수단에 미치는 영향을 분석하여 지하철역과 버스정류장으로부터 400~500m 지점부터 이용률이 낮아지는 결론을 도출하였다. 배준구(1981)의 연구결과와 김성희 외(2001)의 연구를 평균 성인보행속도로 고려하여 10분을 적용하였다.



〈그림 9〉 자전거접근시간 지도 및 취약지역 분석

대한 도달 시간대별 면적을 비교하면 보행으로 10분 이내 접근이 가능한 지역은 전체 면적 중 63.1%인 13,746,997㎡로 나타났으며, 자전거 이용 시 87.6%인 19,069,618㎡로 나타났다(〈표 3〉 참조). 역의 출입구로부터 직선거리인 반경 500m에 포함되는 면적과 비교하면, 반경 500m의 경우 14,312,658㎡로 565,661㎡의 차이가 나타남을 확인하였다.

나, 일방통행 및 차량통제 등의 다양한 기법을 통해 접근시간을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 구체적인 설계기법을 제시하기보다는 다양한 설계기법을 통해 향상된 속도의 보차혼용도로를 시나리오로 설정하여 접근도와 취약지역을 분석하였다. 또한 기존의 자전거도로를 증설하여 지하철역으로 자전거 이용 접근시간을 단축시킬 수도 있다. 이를 시나리오로 적용하여 자전거도로의 증설에 따른 접근시간과 접근 취약지역을 시뮬레이션하였다.

〈표 3〉 보행 및 자전거 연계 접근시간별 면적(m²)

구분	보행 접근 가능면적	비율 (%)	자전거 연계 접근가능면적	비율 (%)
0~3분	2,296,654	10.5	4,507,846	20.7
3~7분	6,198,801	28.5	10,021,979	46.0
7~10분	5,251,542	24.1	4,539,793	20.9
합	13,746,997	63.1	19,069,618	87.6

3. 시나리오에 따른 접근 취약지역 변화 분석

보행로 중 보차혼용도로는 보행로를 정비하거

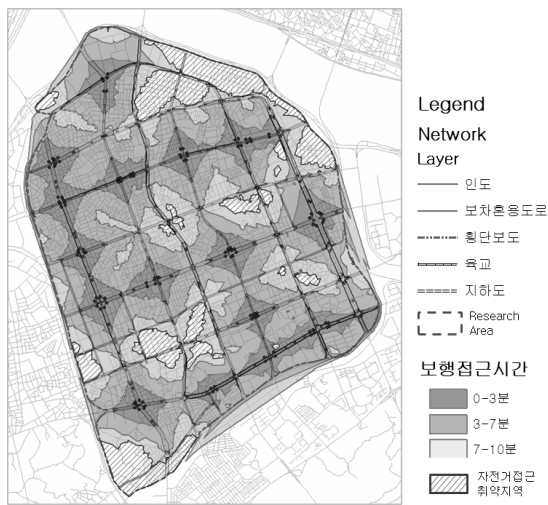
1) 시나리오 1: 보차혼용도로 속도 개선

연구대상지인 강남권역 일대는 간선도로 중심의 격자가로를 제외하고는 대부분의 가로가 보차 혼용도로로 사용되고 있다. 그러므로 보차혼용도로를 통한 보행속도 개선을 시나리오로 적용하였다.

〈그림 10〉과 〈표 4〉는 연구대상지인 강남역 일대의 보차혼용도로의 속도를 다양한 설계기법을 통해 30% 향상시켰을 경우⁸⁾에 대한 접근도 변화

8) 국토연구원(1995)은 보행상태에 따라 보행서비스 수준을 A~F까지 6단계로 구분하였다. 이 중 본 연구에서 구분한 보차혼용도로는 D 또는 F 수준에 해당한다고 할 수 있으며, D 수준은 정상적인 보행상태의 제약을 받는 상태이며, 일반적으로 공공장소에서 나타난다. 본 연구에서

와 취약지역을 나타내고 있다. 기존 분석과 비교해 보면 보행 10분 이내 지역의 면적 비율이 기존 63.1%에서 70.9%로 7.8%(1,678,202㎡) 증가하였다. 접근 시간대별 면적은 3분 이내지역이 10.5%→12.5%, 3~7분 지역이 28.5%→33.8%, 7~10분 지역이 24.1%→24.9%로 각각 증가하였으며, 3~7분대의 지역이 두드러지게 증가한 것을 알 수 있다.



〈그림 10〉 보차혼용도로 속도 30% 향상

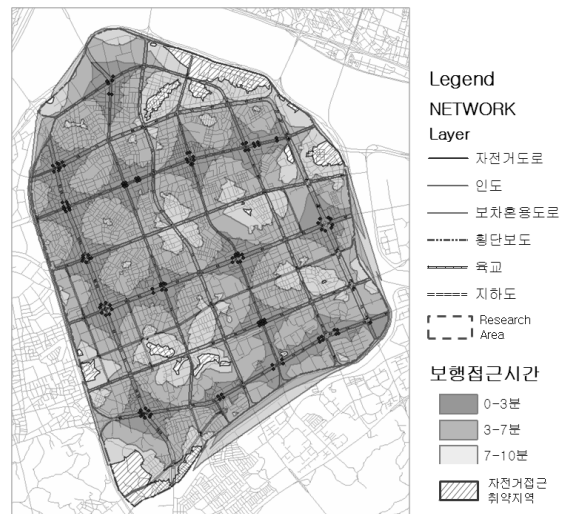
〈표 4〉 보차혼용도로 속도 개선과 접근시간별 면적 변화(㎡)

구분	보행 접근 가능면적	비율 (%)	보차혼용도로 30% 속도 개선	비율 (%)
0~3분	2,296,654	10.5	2,719,888	12.5
3~7분	6,198,801	28.5	7,365,030	33.8
7~10분	5,251,542	24.1	5,340,282	24.5
합	13,746,997	63.1	15,425,200	70.9

2) 시나리오 2 : 자전거도로 증설

강남역 일대는 지하철역까지 자전거도로 연계가 취약한 특성을 나타내고 있다. 따라서 향후 자전거도로를 증설하여 지하철역으로의 자전거 통행속도를 개선시키는 것⁹⁾을 시나리오로 적용하였다.

〈그림 11〉과 〈표 5〉는 일부 구간에만 설치되어 있는 자전거도로를 대로변을 중심으로 확대 증설하였을 경우 접근성과 취약지역의 변화를 나타낸다. 기존 10분 이내 접근 가능한 전체 면적 대비 6.8% 증가한 94.4%의 면적이 접근 가능지역으로 나타났으며, 접근시간대별로는 3분 이내 지역이 20.7%→24.9%, 3~7분 지역이 46.0%→50.8%, 7~10분 지역이 20.9%→18.7%로 나타났다.



〈그림 11〉 간선도로변 자전거도로 증설

보차혼용도로의 30% 속도개선은 보행로 확장, 차량 통제 등을 통해 보행 서비스 수준을 C 수준으로 개선시키는 것으로, 보행속도의 선택과 추월에 약간의 제한이 가해지고 보행속도와 보행방향을 가끔 바꾸어야 하는 상태를 말한다.

9) 기존에 자전거도로가 설치되어 있는 도로변을 포함하여 연구 대상지역의 간선도로(논현로, 언주로, 선릉로, 삼성로, 압구정로, 도산대로, 학동로, 봉은사로, 테헤란로, 역삼로, 도곡로)변에 자전거도로가 모두 설치되는 시나리오를 적용하였다(〈그림 11〉 참조).

〈표 5〉 자전거도로 증설과 접근시간별 면적 변화(㎡)

구분	자전거 연계 접근 가능면적	비율 (%)	자전거도로 증설 시 접근가능면적	비율 (%)
0~3분	4,507,846	20.7	5,419,443	24.9
3~7분	10,021,979	46.0	11,055,321	50.8
7~10분	4,539,793	20.9	4,066,399	18.7
합	19,069,618	87.6	20,451,103	94.4

V. 결론

본 연구에서는 지하철역으로의 보행접근시간을 산정하여 지도를 제작하는 방법론을 개발하였고, 이를 연구대상지인 강남권역에 적용하여 보행접근 취약지역의 변화를 분석하였다. 최적경로 분석 알고리즘을 검토하여 지하철역으로의 보행 접근도를 산정하기에 적합한 다익스트라 알고리즘을 선정하였으며, 이를 GIS와 연동하여 경로별 접근시간을 기반으로 방법론을 도출하였다. 도출된 방법론을 실제 강남권역을 연구대상지로 선정하여 적용시켜 보행시간 10분을 기준으로 접근이 취약한 지역을 도출하여 접근도 산정 방법론의 활용가능성을 확인하였다. 또한, 보차혼용도로의 보행환경 개선을 통한 보행 속도를 30% 증가시켰을 경우와 지하철역으로의 자전거도로를 증설함에 따른 경우를 설정하여 접근 취약지역 변화를 시뮬레이션하였다.

시뮬레이션 분석 결과, 보차혼용도로의 속도를 30% 개선시켰을 경우 보행으로 10분 이내 접근이 불가능한 취약지역의 면적이 7.8% 감소한 20.1% 지역으로 나타났으며, 자전거도로를 대로 중심으로 확대 증설하였을 경우는 6.8% 감소한 5.6%의 면적이 접근 취약지역으로 나타났다.

이와 같은 보행의 접근경로와 시간을 반영한 접근시간지도 제작 방법론은 보행환경을 평가하거나 역으로의 보행지표 또는 역세권을 설정하는 기초자료로서의 활용가치가 높다. 또한 보행로의 속도 개선과 자전거도로 증설에 따른 접근도 및 취약지역의 변화를 분석함으로써 향후 역세권의 접근성을 향상시키기 위한 다양한 설계 대안을 평가하는 데 활용할 수 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구에서는 보행의 속도에 영향을 미치는 보도의 폭, 보행환경 수준, 경사로 등의 요소를 반영하지 못하였으며, 실제 강남권역의 통행량, 교차로 대기시간 등의 자료를 활용하지 못한 한계를 지닌다. 향후 연구에서는 본 연구의 한계를 극복하여 위의 요소를 포함한 정확한 보행 및 자전거 접근시간을 산출하고, 이와 함께 다양한 보행환경 요소를 적용함으로써 적용 대상지의 보행환경을 평가하고자 한다.

참고문헌

- 국토연구원, 1995, 「교통시설관리체계의 개선방안」, 연구보고서, 154~156, 국토연구원.
- 김성희 · 이창무 · 안건혁, 2001, “대중교통으로의 보행거리가 통행수단선택에 미치는 영향”, 『국토계획』, 36(7): 297~307, 대한국토·도시계획학회.
- 김재준, 2007, “다양한 접근수단을 고려한 지하철 역세권 접근시간 산정모형”, 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
- 김재홍 · 이승일 · 이신혜, 2007, “명시선호실험과 현시선호자료를 이용한 대도시권 지하철역세권 설정연구”, 『국토연구』, 52: 131~148, 국토연구원.
- 박세훈 · 손동욱 · 이진희, 2009, “대중교통중심형 도시로의 개편을 위한 역세권 도시공간구조 분석”, 『대한토목학회 논문집』, 29(1D): 111~120, 대한토목학회.
- 박지영, 2008, “버스이용의 접근성 차이에 따른 교통취약지

- 분석”, 경희대학교 대학원 지리학과 석사학위논문.
- 배준구, 1981, “수도권 지하철 전철의 운행평가 분석에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 손동욱 · 김진, 2010, “서울시 역세권의 도시공간특성과 대중교통 이용률 간의 연관성 분석”, 『한국도시설계학회지』, 11(1): 33~44, 한국도시설계학회.
- 손영태 · 이진각 · 이상화 · 김홍상, 2007, “자전거 이용자 행태 반응을 위한 신호교차로에서의 자전거 횡단시간 연구”, 『한국도로학회 논문집』, 9(3): 83~89, 한국도로학회.
- 심종섭 · 전기홍, 2000, “지하철 이용만족도 설정요인에 관한 실증적 연구: 서울지역을 중심으로”, 『산학경영연구』, 13: 49~66, 한국산학경영학회.
- 안영수 · 이승일, 2010, “서울시 지하철접근도 변화와 용도지역변화의 연관성 분석”, 『국토계획』, 45(4): 159~170, 대한국토 · 도시계획학회.
- 오은열 · 정봉현, 2008, “도시철도 역세권의 토지이용특성과 토지이용계획의 수립방향”, 『지역개발연구』, 40(1): 133~147, 지역개발연구소.
- 유희권 · 김응식 · 이정수 · 김수영 · 이필호, 2003, “한국 노인의 보행속도 연구”, 『2003년도 한국화재 · 소방학회 추계학술논문발표회 논문집』, 407~414, 한국화재 · 소방학회.
- 이수일 · 이승재 · 손혁준 · 김태호, 2010, “역세권 보행자 만족지수(PSI) 개발에 관한 연구”, 『서울도시연구』, 11(4): 51~66, 서울시정개발연구원.
- 이승일, 2004, “Regional Accessibility Measurement of Seoul Metropolitan Subway Using GIS(GIS를 이용한 수도권 지하철 광역접근도 분석연구)”, 『국토계획』, 39(3): 261~275, 대한국토 · 도시계획학회.
- 임종훈 · 김동녕, 2000, “횡단보도와 지하보도간의 횡단보행특성 비교”, 『대한교통학회지』, 18(5): 17~29, 대한교통학회.
- Chen, W. W. L., 1982, *Discrete mathematics*, ch18, Macquarie University.
- Fu, L., Sun, D., and Rilett, L. R., 2006, “Heuristic shortest path algorithms for transportation applications: State of the art”, *Computers & Operations Research*, 33: 3324~3343.
- Jalai, S. E. and Noroozi, M., 2009, “Determination of the optimal escape routes of underground mine networks in emergency cases”, *Safety Science*, 47: 1077~1082.
- Krygsman, S., Dijst, M., and Arentze, T., 2004, “Multimodal public transport: an anlysis of travel time elements and the interconnectivity ratio”, *Transport Policy*, 11: 265~275.
- Pivo, G. and Fisher, J. D., 2010, *The Walkability Premium In Commercial Real Estate Investments*, working paper, Responsible property Investing Center, University of Arizona, Benecki Center for real Estate Studies, Indiana University.
- Ryan, S. and Frank, A. F., 2009, “Pedestrian Environments and Transit ridership”, *Journal of Public Transportation*, 12(1): 39~57.
- San Francisco Department of Public Health, 2008, *Pedestrian Environmental Quality Index(PEQI)*, vol. 1.1.
- Soltani, A. R., Tawfik, H., Goulermas, J. Y., and Fernando, T., 2002, “Path planning in construction sites: performance evaluation of the Dijkstra, Ap, and GA search algorithms”, *Advanced Engineering Informatics*, 16: 291~303.
- Stefan, H., 2010, “The Floyd-Warshall algorithm on graphs with negative cycles”, *Information Processing Letters*, 110: 279~281.
- Walk Score, 2010, “Walk Score Methodology”, Research Report, <http://www.walkscore.com>

원 고 접 수 일 : 2011년 5월 16일
 1차심사완료일 : 2011년 6월 28일
 2차심사완료일 : 2011년 7월 22일
 최종원고채택일 : 2011년 8월 3일