



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2022년 2월
석사학위 논문

수치지도 2.0 데이터 기반 도로 곡선의 시작점 선정 방법

조선대학교 산업기술창업대학원

소프트웨어융합공학과

이 두 일

수치지도 2.0 데이터 기반 도로 곡선의 시작점 선정 방법

Method of selecting the starting point of the road curve
based on the Digital Map 2.0

2022년 2월 25일

조선대학교 산업기술창업대학원

소프트웨어융합공학과

이 두 일

수치지도 2.0 데이터 기반 도로 곡선의 시작점 선정 방법

지도교수 김 판 구

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2021년 10월

조선대학교 산업기술창업대학원

소프트웨어융합공학과

이 두 일

이두일의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 신 주 현 (인)

위 원 조선대학교 교수 최 준 호 (인)

위 원 조선대학교 교수 김 판 구 (인)

2021년 11월

조선대학교 산업기술창업대학원

목 차

ABSTRACT

I. 서론	1
A. 연구 배경 및 목적	1
B. 연구 내용 및 방법	2
II. 관련연구	4
A. 수치지도의 정의	4
B. 공공시설물 위치선정 방법	6
C. 선형 단순화 기법	8
D. 노드 보정에 필요한 산술식	11
III. 곡선의 시작점 선정 방법과 공공시설물 위치선정 ...	13
A. 시스템 흐름도	13
B. 데이터 수집 및 전처리	14
C. 인도의 노드 보정	15
1. 인도의 형태별 분류	16
2. 도로 곡선의 시작점 선정	18
3. 인도 가상 노드 생성	26

D. 공공시설물 위치선정 28

IV. 실험 결과 및 성능 분석 32

 A. 실험 및 결과 32

 B. 실험 성능 분석 39

V. 결론 46

참 고 문 헌 48

표 목 차

[표 1-1] 국가지리정보체계 구축사업	1
[표 2-1] 수치지도 버전별 데이터 형식 분류	5
[표 2-2] 수치지도 2.0 객체별 주요 속성 예시(1/1,000 축척)	5
[표 2-3] 벡터편집의 세부지침	6
[표 2-4] 전력 및 통신전주 위치선정 시 고려사항	7
[표 2-5] 조명기구의 설치 시 피해야 하는 간격	7
[표 3-1] 실험 대상지역 인도 객체의 노드 분포	15
[표 3-2] 실험 대상지역 전.후단 노드의 각도 분포	15
[표 3-3] 두 점사이의 각도변화 검색 모델 수집 예시	20
[표 3-4] 세 점의 수평각도와 거리 검색 모델 수집 예시	22
[표 3-5] 세 점의 수평각도 변화 검색 모델 수집 예시	25
[표 3-6] 선형 보간법을 통한 위치선정 결과 예시_1	29
[표 3-7] 선형 보간법을 통한 위치선정 결과 예시_2	30
[표 3-8] 공공시설물 위치선정 노드 예시	31
[표 4-1] 실험 환경	32
[표 4-2] 실험 대상 인도의 경위도 좌표 예시	33
[표 4-3] 두 점사이의 각도변화 검색 모델 검증결과 예시	34
[표 4-4] 세 점의 수평각도와 노드간의 거리 차 검색 모델 정방향 검증결과 수집 예시	36
[표 4-5] 세 점의 수평각도와 노드간의 거리 차 검색 모델 역방향 검증결과 수집 예시	36
[표 4-6] 세 점의 수평각도의 변화 검색 모델 정방향 검증결과 수집 예시	38
[표 4-7] 세 점의 수평각도와 변화 검색 모델 역방향 검증결과 수집 예시	38
[표 4-8] 모델별 도로 곡선의 시작점 수량(수평이 유지되는 거리 옵션 적용 전) ...	40
[표 4-9] 모델간 데이터 일치현황(수평이 유지되는 거리 옵션 적용 전)	40
[표 4-10] 모델별 도로 곡선의 시작점 수량(수평이 유지되는 거리 옵션 적용 후) ·	41
[표 4-11] 모델간 데이터 일치현황(수평이 유지되는 거리 옵션 적용 후)	41
[표 4-12] 모델간 도로 곡선의 시작점 데이터 일치화 증가율	42

[표 4-13] 인도의 노드 수량에 따른 모델간의 데이터 일치율 43
[표 4-14] 인도의 길이에 따른 모델간의 데이터 일치율 44
[표 4-15] 모델별 비교 점검표 45

그림 목 차

[그림 2-1] 축척별 수치지형도	4
[그림 2-2] Sleeve-Fitting 알고리즘	9
[그림 2-3] Bend-Simplify 알고리즘	9
[그림 2-4] 평균 중심점과 각 도로경계 폴리곤과 교차 예시	10
[그림 2-5] 선형 보간법을 적용한 위치 선정 프로그램	12
[그림 3-1] 공간정보 수집 및 위치 선정 단계	13
[그림 3-2] 시스템 흐름도	13
[그림 3-3] 가상의 영역설정 예시	14
[그림 3-4] 직사각형 모형 인도	16
[그림 3-5] 직각삼각형 모형 인도	17
[그림 3-6] 부채꼴 모형 인도	17
[그림 3-7] 인도 및 도로 유형	18
[그림 3-8] 두 점사이의 각도변화 검색 흐름도	19
[그림 3-9] 두 점사이의 각도변화 검색 모델 결과 그래프	21
[그림 3-10] 세 점의 수평각도와 거리 차 검색 흐름도	22
[그림 3-11] 세 점의 수평각도와 거리 차 검색 모델 결과 그래프	23
[그림 3-12] 세 점의 수평각도 변화 검색 흐름도	24
[그림 3-13] 세 점의 수평각도 변화 검색 모델 결과 그래프	25
[그림 3-14] 인도와 도로 중심선 교차점 노드 생성 예시	26
[그림 3-15] 가상 인도 노드 생성 예시	27
[그림 3-16] 신규 노드 생성방법 예시	28
[그림 3-17] 선형 보간법을 통한 위치선정 노드 결과 그래프 예시_1	29
[그림 3-18] 선형 보간법을 통한 위치선정 노드 결과 그래프 예시_2	30
[그림 3-19] 공공시설물 위치 선정 그래프 예시	31
[그림 4-1] 두 점의 각도 계산	34
[그림 4-2] 두 점사이의 각도변화 검색 모델 검증 그래프	35
[그림 4-3] 세 점의 수평각도와 노드간의 거리 차 검색 모델 검증 그래프	37
[그림 4-4] 세 점의 수평각도의 변화 검색 모델 검증 그래프	39

ABSTRACT

Method of selecting the starting point of the road curve based on the Digital Map 2.0

Lee Du-Yil

Advisor : Prof. PanKoo Kim, Ph.D.

Department of Software Convergence Engineering
Graduate School of Industrial Technology and
Entrepreneurship, Chosun University

The GIS field has developed a lot along with IT technology and has developed into a geospatial information industry that produces, process, and distributes spatial information, it builds a new system by convergence with other industries, and provides services.

However, state agencies and local governments that design facilities on maps in the GIS system are designing facilities manually in their respective systems. As a result of analyzing this situation, digital map data does not have sidewalk to sidewalk networks, and there are sections where sidewalks do not exist, so it is not easy to organize networks for sidewalks, and most of the existing pedestrian-only sidewalk networks apply linear simplification techniques. Therefore, it is impossible to automatically design public facilities in the same location as in the real world.

In this paper, in order to propose a method of selecting a starting point of a road curve for installing public facilities, experiments were conducted on searching for angle changes between two points, horizontal angle changes of three points, and distance differences between nodes. Through the experiment, a method of selecting

a location that meets the standards for installing public facilities by applying linear interpolation to newly configured nodes and networks was also proposed.

I. 서론

A. 연구 배경 및 목적

우리나라는 1995년 국가 GIS사업인 1차 NGIS사업을 추진하여 전국에 대한 지형도의 수치지도화를 추진하였으며, 2006년까지 2,3차에 걸쳐 핵심 지리정보의 디지털화 추진과 기본지리정보 구축 및 표준을 정립하였다. 이러한 GIS(Geographic Information System)기술을 근간으로 다양한 정보를 디지털화 및 데이터베이스로 구축하였으며, 21세기에 들어서며 IT 기술과 접목하여 공간에 대한 정보를 생산, 가공, 유통과 함께 다른 산업과 융합하며 새로운 시스템을 구축하고, 서비스를 제공하는 공간정보 산업으로 발전하였다.

[표 1-1] 국가지리정보체계 구축사업

1차 구축사업	2차 구축사업	3차 구축사업
<ul style="list-style-type: none"> • 1995년 : 1차 사업추진 • 국가 GIS 사업 추진 • 전국에 대한 지형도의 수치 지도화 • 상·하수도, 전력, 가스 등의 지하시설물 수치지도 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 2000년 : 2차 사업추진 • 지리정보의 디지털화 추진 • 국가GIS관련 기술개발 및 산업 육성 • 국내GIS 표준화 	<ul style="list-style-type: none"> • 2006년 : 3차 사업추진 • 1,2차 구축사업을 활용화 단계 • 기본지리정보 구축 및 표준 정립 • 지리정보데이터 유지관리

공간정보는 정보단위를 기준으로 국토공간정보와 도시공간정보[1]로 구분한다. 국가 단위의 국토공간정보는 지형의 형태, 지질상태, 토지구분, 환경 등의 데이터들이 해당되며, 도시규모의 도시공간정보는 도로의 구분, 가옥 및 건축물, 전력 및 통신 공급 시설 및 상·하수도, 가스, 전력 공급시설 등 지하매설물이 포함된다. 이렇게 발전된 GIS 시스템에서 지도에 시설물 설계를 하는 국가기관 및 자치단체들은 각자의 시스템에서 시설물을 하나씩 수작업으로 설계를 하고 있는 실정이다. 이러한 상황을 분석한

결과 수치지도 데이터는 인도(보도)(이하 인도로 표현)와 인도의 네트워크가 없으며, 이면도로와 같이 인도가 존재하지도 않는 구간도 있기 때문에 인도에 대한 네트워크 구성도 쉽지 않으며 기존의 보행자 전용 인도 네트워크도 선형 단순화 기법을 적용한 데이터가 대부분이기 때문에 실세계와 동일한 위치의 공공시설물에 대한 자동화 설계는 불가능한 실정이다. 본 논문에서는 공공시설물 설치를 위한 도로 곡선의 시작점 선정방법을 제안하기 위하여 두 점 사이의 각도 변화, 세 점의 수평각도와 노드간 거리 차 검색, 세 점의 수평각도 변화에 대한 실험을 진행하였으며, 실험을 통해 새로 구성된 노드와 네트워크에 선형 보간법을 적용하여 공공시설물 설치기준에 맞는 위치를 선정하는 방법에 대하여 제안한다.

B. 연구 내용 및 방법

본 논문에서는 GIS 시스템에서 선정된 시작지점과 목적지까지의 좌표를 기준으로 두 지점을 꼭 지점으로 가상의 영역을 생성하여 인도와 도로 중심선 각각을 UFID¹⁾별 객체를 스캔하여 2차원 상의 직교좌표 값(X,Y)을 추출하였으며, 도로 중심선은 도로 폭 정보도 포함하여 추출하였다. 이러한 초기 데이터인 인도의 좌표 값으로 곡선 부분의 시작점을 선정하는 방안에 대하여 연구하였으며, 도로 중심선의 좌표와 도로 폭 정보를 활용하여 인도가 없는 지역에 대한 가상의 인도 노드를 생성하여 인도에 대한 네트워크를 구성하는 실험을 진행하며, 마지막으로 각 객체의 노드와 실험을 통하여 새로 생성된 노드에 선형 보간법을 적용하여 공공시설물이 설치될 위치에 대하여 일정 간격의 노드를 생성하는 실험 또한 진행하고자 한다.

- 가. 도로 곡선의 시작점 선정방법 연구 및 실험
- 나. 도로 중심선을 기준으로 가상의 인도 노드 생성
- 다. 공공시설물 위치 선정
- 라. 곡선 부분의 시작점 선정방법 실험에 대한 평가

1) UFID : Unique Feature Identifier(전자식별자)

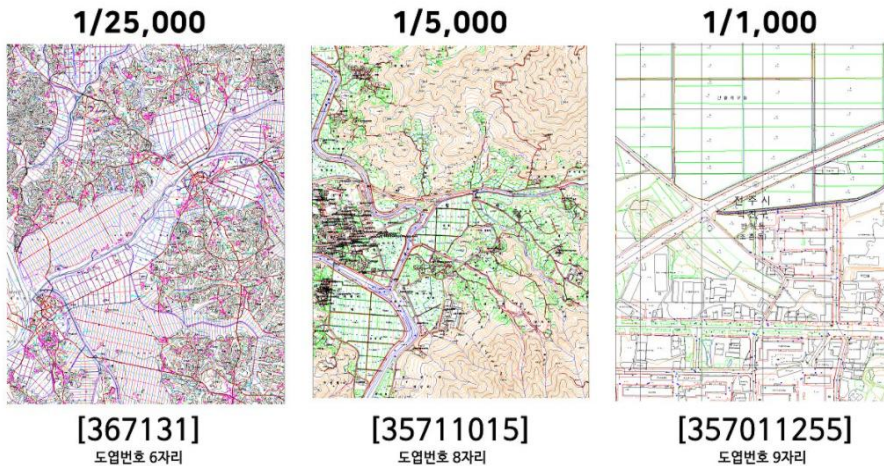
ex) 1000367101913A0031000000000502(100036710: 행정구역, 1913: 지형지물 분류코드, A0031000: 객체코드 및 축척 등)

공공시설물 설계에 필요한 위치를 선정하는 방법에 대하여 새로 구성된 인도에 대한 네트워크 경로를 활용하여 위치선정이 가능하도록 본 논문에서는 다음과 같이 제안한다. 1장은 국가 GIS 사업의 추진과정과 인도와 도로 중심선을 활용하여 공공시설물에 대한 위치 선정에 대한 연구 및 실험 목적에 대하여 서술하였으며, 2장에서는 공공시설물에 대한 위치 선정방법과 선형 단순화 기법 그리고 노드 보정방법 등의 선행 연구에 대하여 서술하며, 3장은 공공시설물 위치선정에 필요한 도로 곡선의 시작점 선정 방법과 노드의 보정 및 생성 방법 그리고 위치선정 방법에 대하여 서술한다. 4장에서는 곡선의 시작점 선정 방법에 대한 연구 및 실험에 대하여 검증과 성능 평가에 대하여 설명할 것이며, 마지막으로 5장에서는 본 논문에서 연구 및 실험을 통한 결과를 적용하여 전력 및 통신 전주, 가로등, 가로수 등의 공공시설물 위치를 선정하는 방법에 대하여 서술하며 마무리 하고자 한다.

II. 관련연구

A. 수치지도의 정의

국토지리정보원에서는 국토 전체에 대하여 경위도를 중심으로 제작한 1/50,000, 1/5,000과 1/25,000 축척의 수치지도는 지형지물에 대한 측량 결과와 이와 관련된 행정 구역, 경계, 지명 등과 같은 필요 사항을 축척 등에 따라 표현한 지도를 말한다.[2] 그리고 시가지 지역을 대상으로 각 지자체별로 1/1,000과 1/2,500 등의 수치지도를 제작하고 있다. [그림2-1]은 축척별 수치지형도 형태 및 도엽번호에 대한 설명이다.[3]



[그림 2-1] 축척별 수치지형도

1. 수치지도 데이터

a. 수치지도 1.0

지형지물의 표현에 중점을 두고 제작하여, 속성정보가 없는 도형정보로 이루어져있으며, CAD 데이터 format 형식의 DXF, DWG 등으로 제작되었다.

b. 수치지도 2.0

수치지도 1.0의 기하학적 오류를 수정 및 보완 하였으며, 도형에 속성정보를 입력하여 정보 분석 및 확인이 가능한 Shape, NGI 파일 등의 format 형태로 1/1,000과 1/5,000 등의 축척으로 제작되었으며, [표 2-1]은 수치지도를 데이터 형식으로 분류하였다.

[표 2-1] 수치지도 버전별 데이터 형식 분류

수치지도 1.0	구분	수치지도 2.0
×	속성항목	다양한 속성정보
×	UFID	○
×	위상정보	○
도형구조	데이터 구조	도형 + 위상구조
DXF, DWG	데이터 형식	Shape, NGI

본 연구에서는 수치지도 2.0의 1/1,000 축척 도면의 도로정보를 활용하였으며, 벡터화 작업의 표준코드는 [표 2-2]와 같은 속성정보로 구성된다.

[표 2-2] 수치지도 2.0 객체별 주요 속성 예시(1/1,000 축척)[4]

지형지물이름	Layer	주요속성					형태
도로경계	A001	실폭으로 표현하되, 소로의 경우 도로 중심선으로 표현 속성은 도로 중심선에 표현					면
도로 중심선	A002	도로번호	명칭	도로구분	차로수	도로폭	선
인도(보도)	A003	폭	재질	자전거도로유.무	종류		선
교차로	A008	명칭	종류				면

지형, 지물의 벡터화 작업 중 건물의 각 모서리에 하나의 좌표점만 있어야 하며, 반드시 폐합되어야 한다. 그리고 곡선을 이루고 있는 부분의 좌표점간 입력간격과 직선의 진행방향을 기준으로 생략 가능한 중간의 각도는 각 축척별로 상이하다. [표 2-3]은 수치지도 채원 및 벡터화 작업의 각 축척별 상이한 사항을 분류하였다.[5]

[표 2-3] 벡터편집의 세부지침

분류	1/1,000	1/ 2,500	1/5,000
수정기간	'95~현재	'10~현재	'95~계속
도면의 크기	18 × 18	45 × 45	130 × 130
지상 1KM의 도상거리	100cm	40cm	20cm
곡선의 입력간격	1m	2.5m	5m
생략 가능한 중간점의 각도	6°	6°	6°
도로경계	실폭으로 표현, 소로인 경우 도로 중심선으로 표현	실폭으로 표현, 소로 및 소형차도인 경우 도로 중심선으로 표현	실폭으로 표현, 소로 및 소형차도인 경우 도로 중심선으로 표현

B. 공공시설물 위치선정 방법

1. 전력 전주 위치선정

한국전력공사 배전시공편람(가공)에 의하면 2009년 3월 이전에는 배전설비 지지물에 대한 표준경간을 설정하여 운영하였으나, 지지물 간의 간격은 지지물의 강도, 전선의 지상고, 저압부하밀도, 토지상황, 차량충돌 예방차원에서 곡선차로는 회전반경 안쪽, 경사로는 오르막차로 방향, 차량방향의 가로수 뒤쪽 등 현장여건에 따라 상시 가별 될 수 있는 요소이므로 현장여건에 보다 유연하고 탄력적으로 대응할 수 있도록 표준경간 기준을 삭제하고 지지물의 강도계산에 따른 범위 내에서 제반 기술적 여건 및 경제성을 고려하여 결정한다.[6]

2. 통신 전주 위치선정

정보통신공사 설계기준에 의하면 통신 선로의 분기가 쉽고, 지선 설치가 쉬운 장소를 선정 하며[7], 가공 동 케이블 설계 시 도로 및 보도, 이면도로에서의 선로의 위치는 도로의 가 장자리로 하며, 배전 전선을 통과해서는 안 된다.[8] [표 2-3]은 전력 및 통신전주의 위치선 정시 고려사항에 대하여 나열하였다.[9]

[표 2-4] 전력 및 통신전주 위치선정 시 고려사항

구분	전력 지지물	통신 지지물
제외장소	<ul style="list-style-type: none"> · 도로의 교차점 · 타 물체로부터 충격을 받기 쉬운 장소 · 가옥의 출입에 불편을 주는 장소 · 교통에 지장을 주는 장소 · 주위 미관을 방해하는 장소 · 가스관, 상.하수도관 등 지하매설물에 지장을 주는 장소 · 지반이 약한 장소와 사태 및 붕괴가 우려되는 곳 · 주위의 미관을 방해하는 장소 	

3. 가로등 위치선정

안전시설 설치 및 관리지침(조명시설 편)에 의하면 일반도로에 설치되는 연속조명은 연평균 일일 교통량에 의하여 결정 된다. 연평균 교통량이 25,000대 이상인 시가지 도로와 연평균 교통량이 25,000대 미만인 경우에도 필요하다고 인정될 경우에는 조명시설을 설치한다.[10] 일반도로 내 국부조명은 신호기가 설치된 교차로 및 횡단보도, 야간 통행에 위험한 장소, 교량, 도로폭, 도로 선형이 급변하는 곳, 철도 건널목, 버스정차대 등에 조명기구를 설치한다.[11] 조명기구의 설치 높이는 4m 이상을 원칙으로 하며, [표 2-5]는 차량의 속도에 따라 조명기구를 설치 할 때 피해야 하는 간격에 대하여 나열 하였으며, 평균노면회도를 달성하기 위하여 조명기구 간격은 32.5m 범위 안에서 결정된다.[12]

[표 2-5] 조명기구 설치 시 피해야 하는 간격

설계속도(km/시)	설치를 피해야 하는 간격(m)
100	1.5 ~ 5.6
80	1.2 ~ 4.4
60	0.9 ~ 3.3
40	0.6 ~ 2.2

4. 가로수 위치선정

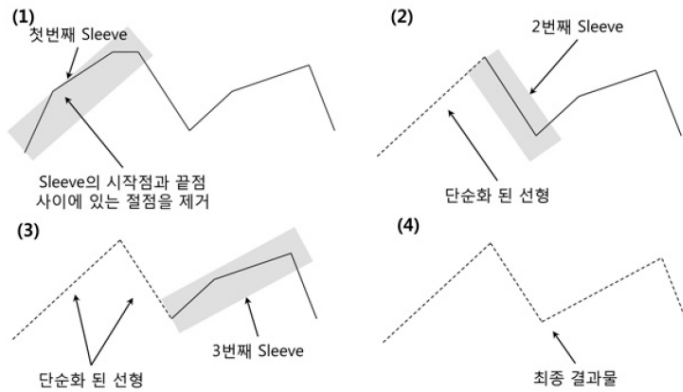
가로수 조성을 위한 위치선정 방법으로 도로의 폭, 도로주변의 장애물 등 주변 여건에 따라 보행자와 운전자의 안전과 도로의 구조에 지장이 없는 범위 내에서 보도에 교목을 식재하며, 제설제 등 화학약품으로부터의 약해와 이동차량 등으로부터의 물리적 피해를 최소화하기 위해 보·차도 경계선으로부터 가로수 수간의 중심까지 거리는 최소 1m 이상을 확보한다. 보도가 없는 도로에 교목을 식재하는 경우에는 갓길 끝으로부터 수평거리 2m 이상 떨어지도록[13] 식재하며, 도로의 구조 보전과 교통안전에 지장이 없도록 갓길 끝에서 수평거리로 1m 이상, 2m 미만인 지역에 8m의 식재간격으로 보도의 한쪽으로 1열 또는 2열 심기를 할 수 있다.[14]

C. 선형 단순화 기법

선형의 단순화란 특성은 유지하며 새로운 축척과 표현수단에 적합하게 불필요한 사상과 세부적인 사항을 제거하는 것이다.(Barber et al. 1995)[15] 선형 사상 단순화 목적의 첫 번째는 자료 저장량의 최소화, 두 번째는 주어진 조건에서 원래의 선형 사상의 형태를 유지, 세 번째는 계산 시간의 최소화로서 여러 알고리즘 중 Sleeve-fitting과 Bend-simplify 알고리즘과 “표준에 따른 기하정보 수정”의 일부에 대하여 확인하고자 한다.

1. Sleeve-fitting

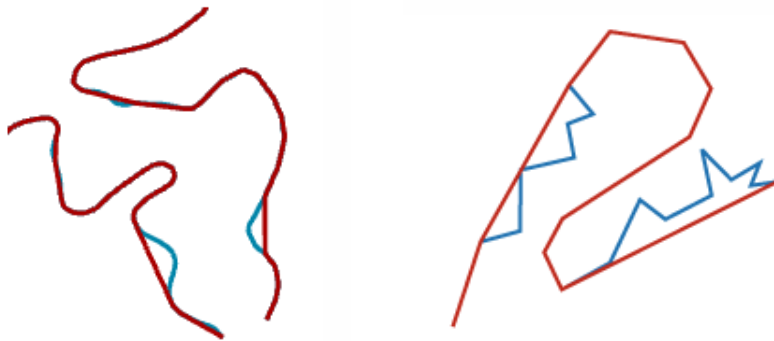
Zhao and Saalfeld가 1997년에 제안한 알고리즘으로, 시작점에서 끝점까지 주어진 임계치를 이용하여 Sleeve라는 직사각형 모양으로 시작점부터 끝점까지 직선에 평행한 방향으로 나눈 다음 그 사이의 절점을 제거하며 진행하는 방식이다.[16] 단순화 과정에서 폴리라인의 형상에 왜곡이 발생하는 단점이 있다.[17]



[그림 2-2] Sleeve-Fitting 알고리즘

2. Bend-Simplify

Wang과 Müller가 1998년에 제안한 알고리즘으로, sleeve-fitting은 직선방향으로 제거하며 단순화 하는 반면, Bend 단순화는 중요하지 않은 굴곡부분을 찾아 제거하며 단순화를 진행하며, 처리시간이 많이 걸리는 단점이 있다.[18]

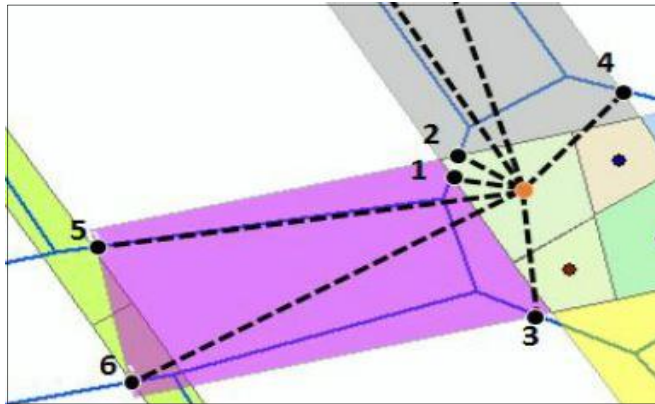


[그림 2-3] Bend-Simplify 예시

3. 표준에 따른 기하정보 수정

인도는 교차로 지점에서 끊어져 있어 교차가 일어나지 않기 때문에 도로 경계 폴리곤이 중첩되는 부분을 찾아 각 꼭지점의 평균 중심점(mean center)을 산출하며, 평균 중심점에서 중첩되는 폴리곤에 걸쳐있는 인도와 연결하여 [그림 2-4]와 같이 거리가 가장 짧은 두 점 1과 2가 인도의 속성 변경 점의 위치이다.[19], 각 꼭지점의 평균 중심점의 수식은(1)과 같다.

$$(x,y)_{\text{mean center}} = \left(\frac{\sum_{k=1}^n x_k}{n}, \frac{\sum_{k=1}^n y_k}{n} \right) \quad (1)$$

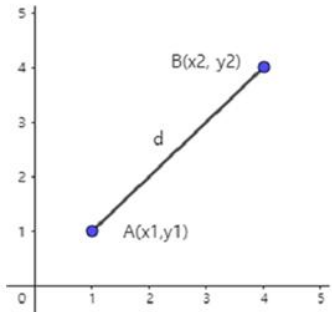


[그림 2-4] 평균 중심점과 각 도로경계 폴리곤과 교차 예시

D. 노드 보정에 필요한 산술식

1. 두 개의 좌표 점의 거리계산

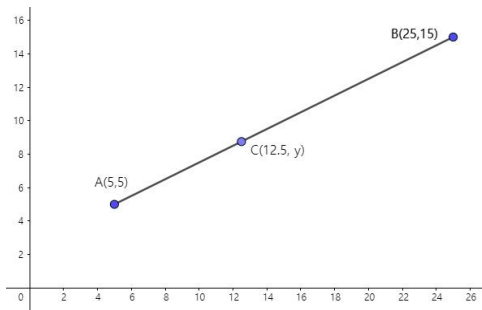
$A(x_1, y_1)$ 와 $B(x_2, y_2)$ 두 개의 좌표점 사이의 거리를 산출하는 방법으로서 피타고라스의 정리를 좌표평면에 대입하여 직각삼각형의 빗변의 길이는 계산하는 방식이며, 수식은(2)와 같다.



$$\begin{aligned}
 \overline{AB}^2 &= (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 \\
 \overline{AB} &= \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

2. 선형 보간법(Linear Interpolation)

1차원 직선상에서 끝점의 값을 알고 있을 때, 그 사이에 위치에 대한 추정 값을 산출하기 위하여 직선거리에 따라 선형적으로 계산하는 방식이며, 수식은(3)과 같다.



$$\begin{aligned}
 \frac{C.y - A.y}{C.x - A.x} &= \frac{B.y - A.y}{B.x - A.x} \\
 C.y &= A.y + (B.y - A.y) \frac{C.x - A.x}{B.x - A.x}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

```

method virtual_point.cal_linear_interpolation(st_x, st_y, node_x, node_y, p_dist)
  ## 선형 보간법으로 p_dist 간격으로 위치 선정
  _local st_node_x << st_x - node_x
  _local st_node_y << st_y - node_y
  _local st_node_x1 << _unset
  _local st_node_y1 << _unset
  _local inter_node_x << _unset
  _local inter_node_y << _unset
  _local mag_x << _unset
  _local mag_y << _unset

  _if st_node_x < 0
  _then
    st_node_x1 << st_node_x * -1
  _else
    st_node_x1 << st_node_x
  _endif
  _if st_node_y < 0
  _then
    st_node_y1 << st_node_y * -1
  _else
    st_node_y1 << st_node_y
  _endif
  _if st_node_x1 > st_node_y1
  _then
    _if st_x < node_x
    _then
      inter_node_x << st_x + p_dist
      mag_x << p_dist / st_node_x1
    _else
      inter_node_y << st_y + (st_node_y1 * mag_x)
      inter_node_x << st_x - p_dist
      mag_x << p_dist / st_node_x
    _endif
    inter_node_y << st_y + (st_node_y1 * mag_x)
  _elif st_node_x1 < st_node_y1
  _then
    _if st_y < node_y
    _then
      inter_node_y << st_y - p_dist
      mag_y << p_dist / st_node_y1
    _else
      inter_node_x << st_x + (st_node_x1 * mag_y)
      inter_node_y << st_y + p_dist
      mag_y << p_dist / st_node_y
    _endif
    inter_node_x << st_x + (st_node_x1 * mag_y)
  _endif
  inter_x << inter_node_x - node_x
  inter_y << inter_node_y - node_y
  dist << ((inter_x).squared()) + (inter_y).squared().sqrt
  _return ((inter_node_x, inter_node_y), dist)
endmethod

```

[그림 2-5] 선형 보간법을 적용한 위치 선정

3. 두 직선의 교차점 산출

두 개의 직선이 평행하지 않고 교차할 때 계산하는 방식이며, 수식은(4)와 같다.

$$(P_x, P_y) = \left(\frac{(x_1y_2 - y_1x_2)(x_3 - x_4) - (x_1 - x_2)(x_3y_4 - y_3x_4)}{(x_1 - x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3 - x_4)}, \frac{(x_1y_2 - y_1x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3y_4 - y_3x_4)}{(x_1 - x_2)(y_3 - y_4) - (y_1 - y_2)(x_3 - x_4)} \right) \quad (4)$$

```

_method the_point.cal_cross_point(a_coord, b_coord, c_coord, d_coord)
  ##
  ##
  _local ax1 << a_coord.x
  _local ay1 << a_coord.y
  _local bx2 << b_coord.x
  _local by2 << b_coord.y
  _local cx3 << c_coord.x
  _local cy3 << c_coord.y
  _local dx4 << d_coord.x
  _local dy4 << d_coord.y

  _local p_x << p_y << 0

  _local a << (ax1 * by2 - ay1 * bx2)
  _local b << (cx3 * dy4 - cy3 * dx4)
  _local c << (ax1 - bx2)
  _local d << (cx3 - dx4)
  _local e << (ay1 - by2)
  _local f << (cy3 - dy4)

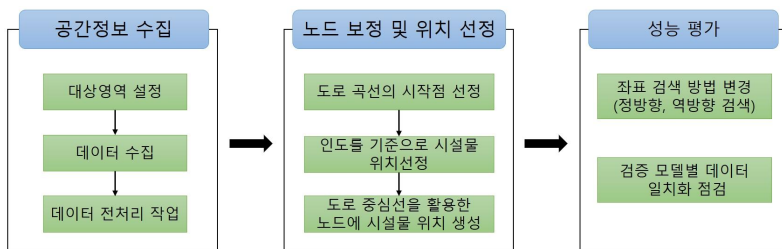
  p_x << ((a * d) - (c * b))/((c * f) - (e * d))
  p_y << ((a * f) - (e * b))/((c * f) - (e * d))

  _return(p_x, p_y)
endmethod

```


Ⅲ. 곡선의 시작점 선정 방법과 공공시설물 위치 선정

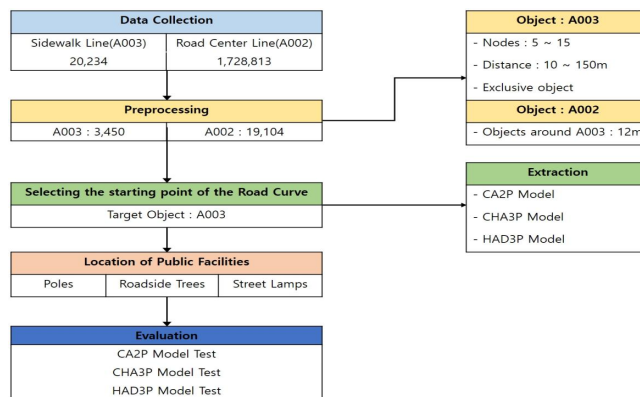
본 장에서는 GIS 시스템에서 시작지점과 목적지점에 공공시설물 위치 선정방법으로 가상의 영역에서 공간정보 데이터를 수집 및 전처리 작업을 진행하여 인도 및 도로 중심선의 좌표 점(x,y) 값을 기준점 노드로 생성하였다. 그리고 도로 곡선의 시작점을 찾기 위한 방법에 관하여 서술하였으며, 보정된 노드를 선형 보간법을 적용하여 공공시설물 설치 규정에 맞게 일정 간격의 노드를 생성하며 시설물 위치 선정과 경과지 정보를 제공하기 위한 방법을 서술하였다.



[그림 3-1] 공간정보 수집 및 위치 선정 단계

A. 시스템 흐름도

[그림 3-2]는 GIS 시스템에서 인도 및 도로 중심선 데이터 수집과 전처리 과정을 통하여 입수된 인도 데이터를 활용하여 도로 곡선의 시작점을 찾아 공공시설물 위치 선정 과정에 대한 시스템 흐름도이다.

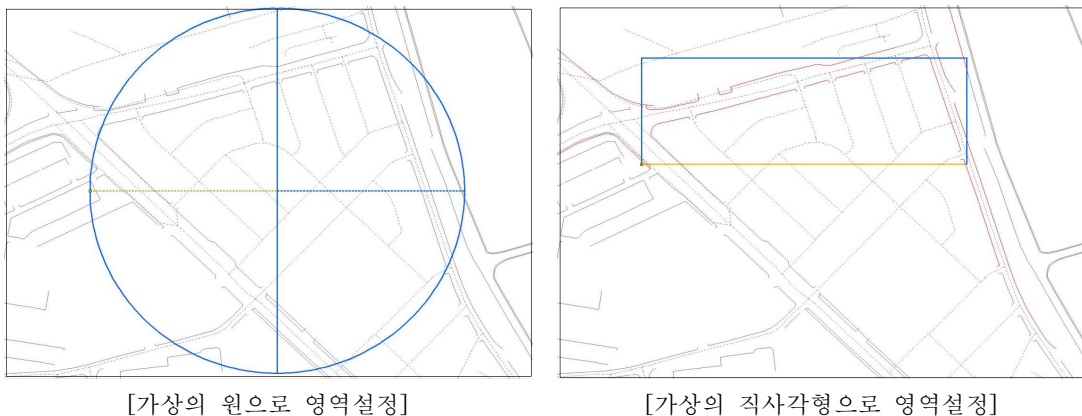


[그림 3-2] 시스템 흐름도

B. 데이터 수집 및 전처리

본 실험에서는 수치지도 2.0 1/1000 축척의 대전광역시의 2010년도 이전의 데이터에서 인도(A003) 데이터 20,234 개의 객체와 도로 중심선(A002) 1,728,813 개의 객체를 수집하였다. 데이터 전처리 작업으로 [그림 3-2] 시스템 흐름도와 같이 인도는 노드의 수가 5 ~ 15개 이며, 길이가 10 ~ 150m 이내의 Exclusive Object²⁾ 를 사용하였으며, 도로 중심선은 선택된 인도 주변의 도로 폭이 3m의 4차선 도로를 설정하여 12m 이내를 선정하여 인도는 3,450개, 도로 중심선은 19,104개의 객체를 재선정 하였다.

GIS 시스템에서 시작점과 종료지점의 사이에 공공시설물 위치 선정을 위한 실험으로 가상의 영역을 설정하는 방법으로 두 가지 방안을 설정하여 테스트 하였다. 첫 번째, 시작지점과 목적지점 사이를 지름으로 설정하는 방법과 두 번째, 시작지점과 목적지점을 대각선 위치를 꼭 지점으로 설정하여 직사각형을 설정하는 방법이다.

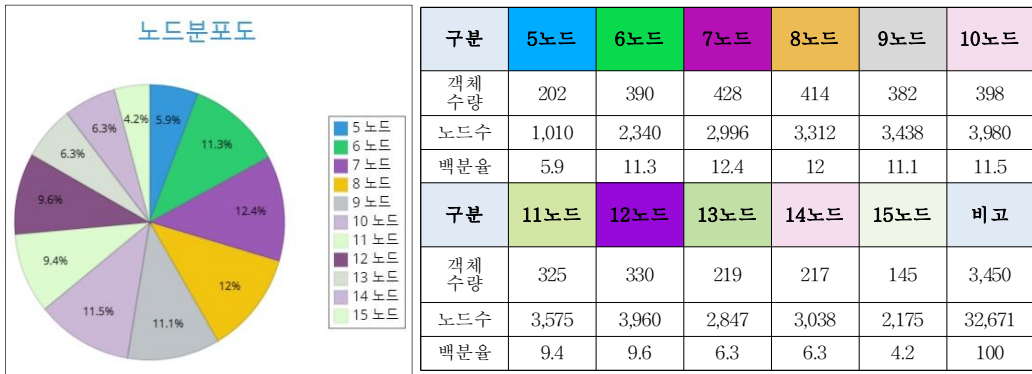


[그림 3-3] 가상의 영역설정 예시

원으로 영역을 설정하였을 경우에는 대상 범위의 지름이 1km 이상의 넓은 지역일 경우에는 수집되는 데이터가 많아 활용도가 높을 수 있으나, 소규모 지역에서는 실험 대상 범위보다 많은 객체들의 정보까지 수집되어 전처리 과정이 길어지는 현상이 발생하여 이번 실험에서는 직사각형 형태의 영역을 설정하여 실험을 진행하였다.

2) Exclusive Object : 양 끝부분이 다른 인도와 연결되지 않는 독립적 객체

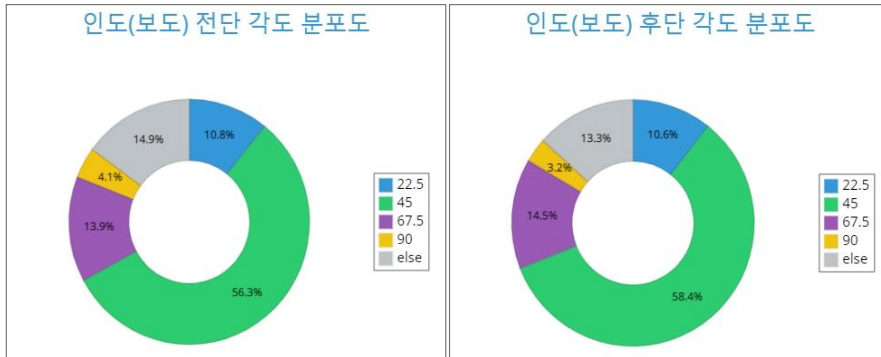
[표 3-1] 실험 대상지역 인도 객체의 노드 분포



C. 인도의 노드 보정

인도의 형태 및 분포 현황을 확인하여 곡선 또는 각이 시작되거나 종료되는 노드를 찾아 교차로와 교차로를 연결 짓거나, 인도가 없는 이면도로에 가상의 인도 노드를 생성하는 방법에 대하여 실험하였다.

[표 3-2] 실험 대상지역 전.후단 노드의 각도 분포

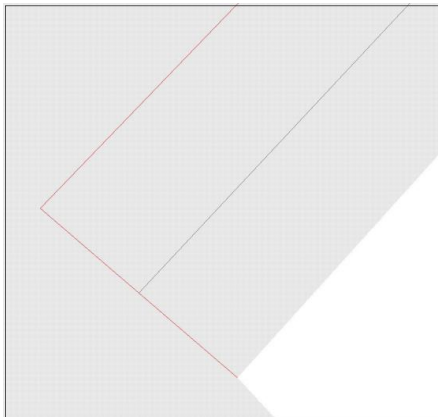


1. 인도의 형태 분류

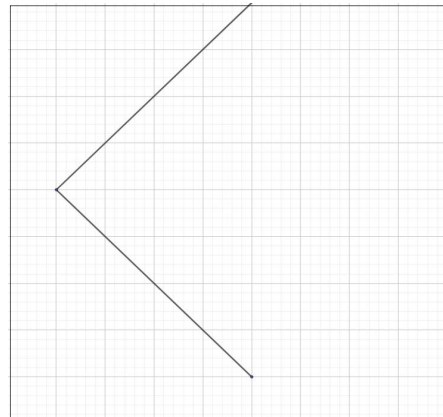
이번 실험에서는 인도의 형태를 다음과 같이 직사각형 형태, 직각삼각형 형태, 부채꼴 형태의 3가지로 분류하였다.

a. 직사각형 형태

직사각형 형태의 인도는 실험 대상 지역에서 세 점의 노드의 각도가 90° 에서 $\pm 2^\circ$ 의 오차 범위에 전. 후단 3.2 ~ 4.1%를 차지하고 있으며 각이 형성 되는 지점을 쉽게 찾을 수 있다.



[GIS 시스템의 인도형태]



[노드의 그래프 형태]

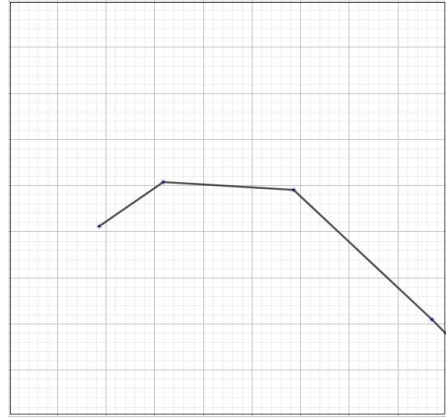
[그림 3-4] 직사각형 모형 인도

b. 직각삼각형 형태

시작점 또는 두 번째 노드부터 세 점의 각도가 대각선 형태를 이루고 있으며 직각삼각형 형태의 인도는 실험 대상 지역에서 전. 후단 70.2 ~ 72.9 %를 차지하고 있다. 인도의 형태는 단순 하지만 [그림 3-5]와 같이 두 번째와 세 번째 노드에서 두 번의 큰 각을 이루는 형태는 굴곡의 시작점을 쉽게 찾을 수 있다.



[GIS 시스템의 인도형태]

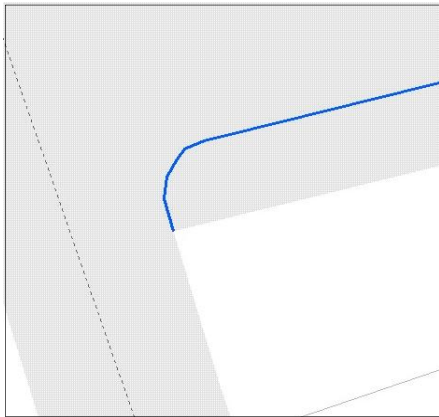


[노드의 그래프 형태]

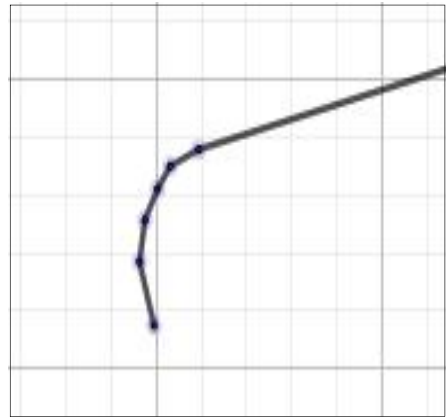
[그림 3-5] 직각삼각형 모형 인도

c. 부채꼴 형태

[그림 3-6]과 같이 곡선이 시작되는 노드부터 끝점까지 평균 5 ~ 8개의 노드로 실험 대상 지역에서 전. 후단 23.7 ~ 23.9 %를 차지하고 있으며, 이번 실험의 주요한 대상 형태이다.



[GIS 시스템의 인도형태]



[노드의 그래프 형태]

[그림 3-6] 부채꼴 모형 인도

2. 도로 곡선의 시작점 선정

인도는 UFID별로 여러 개의 좌표 점을 갖고 있으며 본 실험에서는 노드로서 네트워크를 구성하는데 중요한 데이터이지만 [그림 3-7]과 같이 인도가 끊겨 있거나 인도가 없는 소로 및 이면도로에 대한 네트워크 구성은 별도의 DB를 구축하거나, 인도의 곡선 부분을 선형 단순화 기법을 적용하여 네트워크를 구성할 수 있다. 그러나 본 논문의 주요 목적은 실세계와 근접한 위치에 공공시설물의 위치를 선정하기 위한 실험으로서 인도의 굴곡이 시작되는 지점을 찾아내어 인도와 인도를 연결하는 부분을 최대한 직선화 및 수평화 하는데 목표가 있다.



[그림 3-7] 인도 및 도로 유형

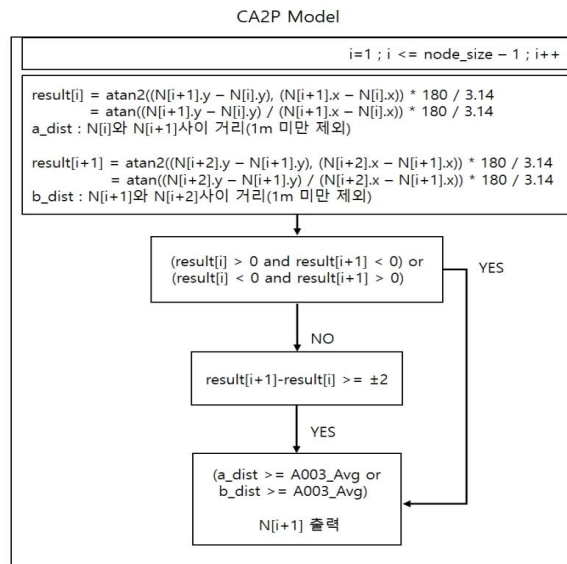
실험 방법으로 두 점사이의 각도변화, 세 점의 수평각도 변화와 노드간 거리 차 검색, 세 점의 수평각도 변화 검색의 3가지 모델을 제시하고 실험을 진행 하였으며, 공통적인 기준은 1/1,000 축척에서 곡선 부분의 좌표 점간의 입력간격은 1m 이므로 본 실험에서는 노드간 거리가 1m 미만일 때는 제외처리 하였으며, 수평을 유지하는 각도는 직선 진행방향을 기준으로 생략이 가능한 중간 좌표 점의 각도는 6°이지만 본 실험에서는 $\pm 2^\circ$ 로 설정 하였다. 그리고, 수평을 유지하는 노드간 거리는 인도의 객체별 평균 거리를 산출하여 진행 하였다. 평균거리의 산출 방법은 다음(5)와 같다.

- 인도 객체별 전체거리 : A003_Dist
- 인도 객체별 노드 수량 : N
- 인도 객체별 노드간 가장 긴 거리 : Ld
- 인도 객체별 노드간 가장 짧은 거리 : Sd
- 인도 객체별 노드간 평균 거리 : A003_Avg

$$A003_Avg = Sd < \frac{A003_Dist}{N} < Ld \quad (5)$$

a. 두 점사이의 각도 변화 검색(CA2P Model)

인도 개체별 각 노드를 시작점부터 종료지점까지 순차적으로 두 점의 각도 변화를 검색하여 도로 곡선의 시작점을 찾는 방법으로서 두 점간에 절대각도를 계산하기 위하여 두 점 사이의 좌표(x, y)를 받아 아크탄젠트(역탄젠트)2를 이용하였다. 곡선의 시작점 선정 방법으로는 ① 산출된 절대각도의 변화가 양수(음수)에서 음수(양수)로 변경되며, 노드 간 거리가 인도의 평균 거리 이상일 때 또는 ② 절대각도 값이 $\pm 2^\circ$ 이상의 변화가 발생되며, 노드 간 거리가 인도의 평균 거리 이상일 때를 곡선의 시작점으로 선정하였다.



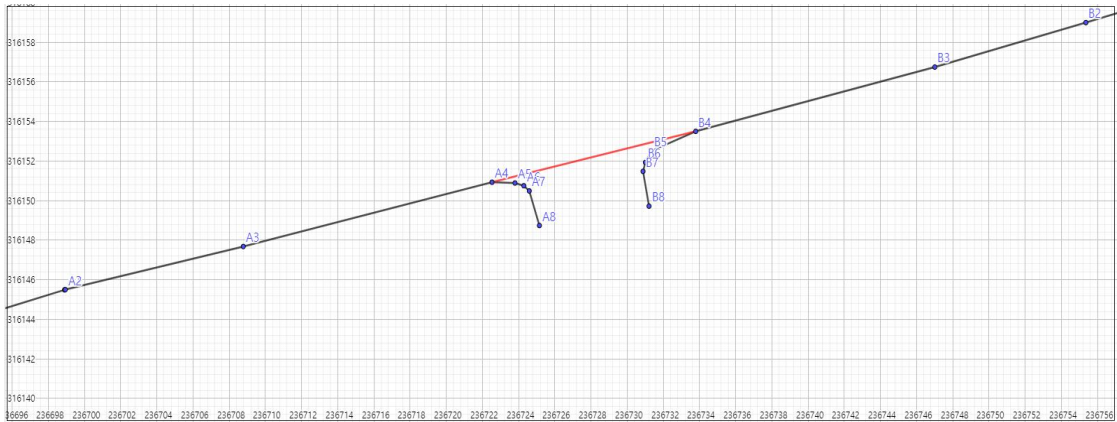
[그림 3-8] 두 점사이의 각도변화 검색 흐름도

[표 3-3]은 곡선의 시작점 결과로 선정된 A4는 선정 기준이 ① 양수에서 음수로 변경 지점, B4는 ②절대각도 값이 $\pm 2^\circ$ 이상의 변화가 발생되며, 노드간 거리가 인도의 평균 거리 이상이 되는 지점이다.

[표 3-3] 두 점사이의 각도변화 검색 모델 수집 예시

UFID	좌표 순번	X 좌표	Y 좌표	노드간 거리	radian	각도
A00310000000000000534 ·평균거리 : 3.5m	A1	236698.90	316145.49			
				0.04	0.245	14.04
	A2	236698.94	316145.50			
				10.08	0.218	12.49
	A3	236708.78	316147.68			
				14.13	0.232	13.3
	A4	236722.53	316150.93			
				1.27	-0.031	-1.80
	A5	236723.80	316150.89			
				0.51	-0.278	-15.95
	A6	236724.29	316150.75			
			0.4	-0.714	-40.91	
A7	236724.59	316150.49				
			1.84	-1.261	-72.26	
A00310000000000000129 ·평균거리 : 4.4m	B1	236762.57	316160.98			
				7.48	0.268	15.36
	B2	236755.36	316159			
				8.65	0.263	15.08
	B3	236747.01	316156.75			
				13.61	0.241	13.81
	B4	236733.79	316153.5			
				2.66	0.386	22.12
	B5	236731.33	316152.5			
				0.65	1.059	60.69
	B6	236731.01	316151.93			
			0.47	1.29	73.89	
B7	236730.88	316151.48				
			1.79	1.756	100.62	
B8	236731.21	316149.72				

[표 3-3]에서 검색된 곡선의 시작점 결과인 A4, B4 노드에 대한 네트워크를 구성한 결과를 [그림 3-9]와 같이 그래프에 표현하였다.



[그림 3-9] 두 점사이의 각도변화 검색 모델 결과 그래프

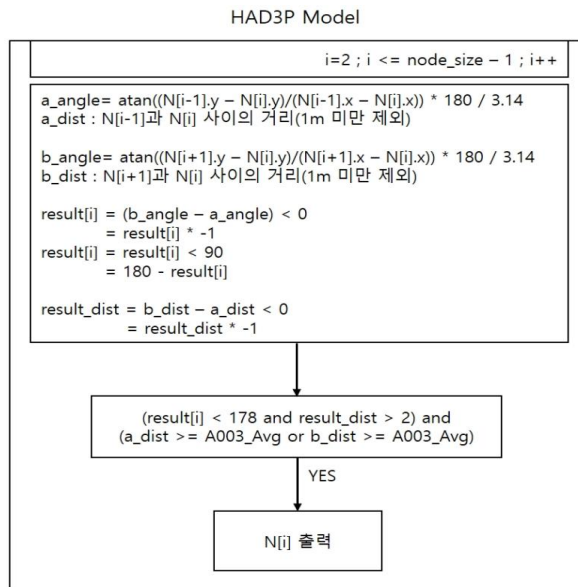
[표 3-3]의 A1(236698.90, 316145.49), A2(236698.94, 316145.50)의 절대각도를 산출하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{○ Radian 값} &= \text{atan2}((316145.50-316145.49),(236698.94-236698.90)) \text{ 는 if } B > 0 \\
 &= \text{atan}(0.01 / 0.04) \\
 &= 0.2449786631 \approx 0.245
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{○ Degree 값} &= 0.2449786631 * 180 / \pi \\
 &= 14.0362434679265 \approx 14.04 \text{ (소수점 세자리 반올림)}
 \end{aligned}$$

b. 세 점의 수평각도와 거리 차 검색(HAD3P Model)

인도를 UFID별 각 노드를 시작점부터 종료지점까지 순차적으로 세 점의 수평각도와 노드간의 거리 차를 검색하는 조건으로서 선행 작업으로는 세 점의 내각을 산출하고, 각도는 1,2 사분면의 각도로(0~ 180°) 변환하였다. 도로 곡선의 시작점을 찾는 방법으로는 ① 세 점의 수평각도(오차범위:±2°)가 178°미만이고, 세 점의 중심노드(N[i])를 기준으로 양측 끝(N[i-1], N[i+1]) 노드 간의 거리의 차가 2m 초과이며, N[i-1]과 N[i] 노드간의 거리 또는 N[i+1]과 N[i] 노드간의 거리가 인도의 평균 거리 이상이면 곡선의 시작점으로 선정하였다.



[그림 3-10] 세 점의 수평각도와 거리 차 검색 흐름도

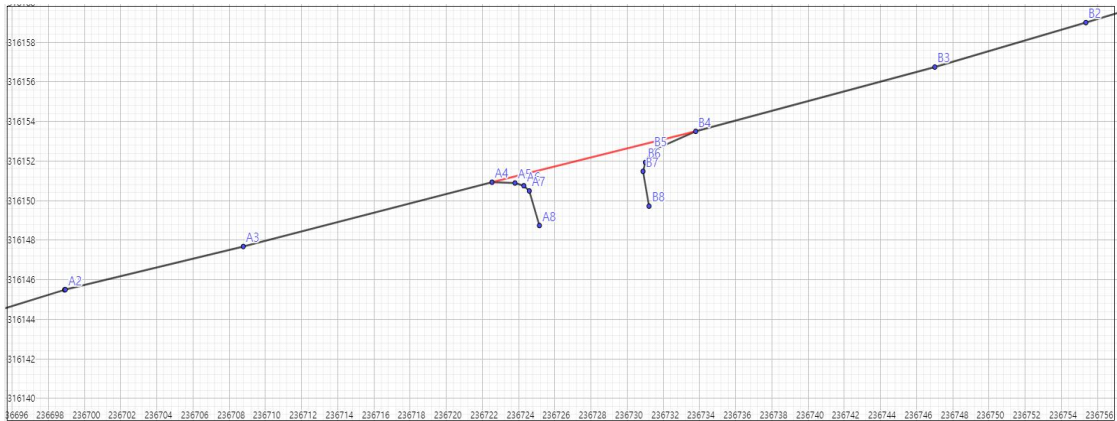
[표 3-4]는 곡선의 시작점 결과로 A4, B4는 세 점의 수평각도가 178°미만이며, 각 노드간 거리의 차가 2m 초과이고, 노드간의 거리가 인도의 평균 거리 이상의 결과이다.

[표 3-4] 세 점의 수평각도와 거리 검색 모델 수집 예시

UFID	시작노드	거리	중간노드	거리	종료노드	각도
A003100000000000000534 ·평균거리 : 3.5m	A1	0.04	A2	10.08	A3	178.45
	A2	10.08	A3	14.13	A4	179.19

	A3	14.13	A4	1.27	A5	164.89
	A4	1.27	A5	0.51	A6	165.85
	A5	0.51	A6	0.4	A7	155.02
	A6	0.4	A7	1.84	A8	148.64
A00310000000000000129 ·평균거리 : 4.4m	B1	7.48	B2	8.65	B3	179.72
	B2	8.65	B3	13.61	B4	178.73
	B3	13.61	B4	2.66	B5	171.69
	B4	2.66	B5	0.65	B6	141.41
	B5	0.65	B6	0.47	B7	166.80
	B6	0.47	B7	1.79	B8	153.34

[표 3-4]에서 검색된 곡선의 시작점 결과인 A4, B4 노드에 대한 네트워크를 구성한 결과를 [그림 3-11]과 같이 그래프에 표현하였다.

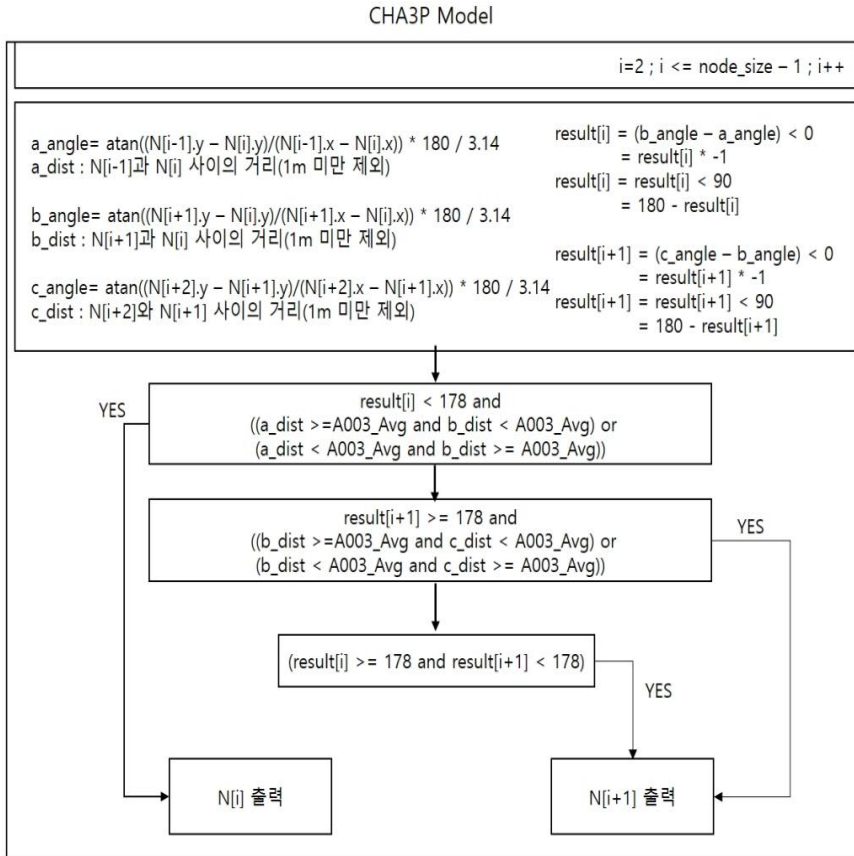


[그림 3-11] 세 점의 수평각도와 거리 차 검색 모델 결과 그래프

c. 세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P Model)

인도 객체별 각 노드를 시작점부터 종료지점까지 순차적으로 세 점의 수평각도의 변화를 검색하는 조건으로서 선행 작업으로는 세 점의 내각을 산출하고, 각도는 1,2 사분면의 각도로(0°~180°) 변환하였다. 도로 곡선의 시작점을 찾는 방법으로는 ① 세 점의 수평각도(오차범위:±2°)가 178°미만이며, 세 점의 중심노드(N[i])를 기준으로 양측 끝(N[i-1], N[i+1]) 노드 N[i-1]과 N[i] 거리 또는 N[i+1]과 N[i]의 거리가 인도의 평균 거

리 이상일 때, ② 다음 세 점의 노드 각도가 178°이상이며, 중심노드(N[i+1])를 기준으로 양측 끝(N[i], N[i+2]) 노드 N[i]와 N[i+1] 거리 또는 N[i+2]와 N[i+1]의 거리가 인도의 평균 거리 이상일 때 ③ 세 점의 수평각도가 178°이상이며, 다음 세 점의 각도가 178°미만인 지점을 기준으로 선정하였다.



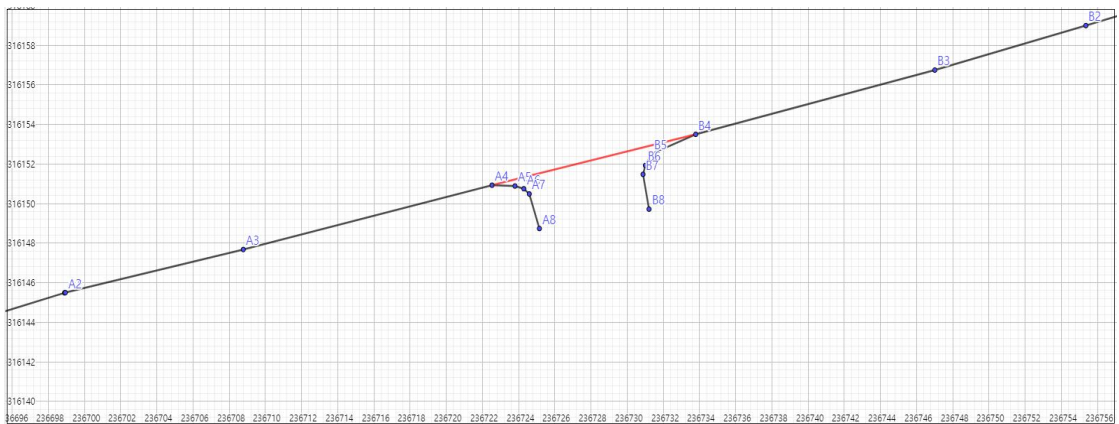
[그림 3-12] 세 점의 수평각도 변화 검색 흐름도

[표 3-5]는 세 점의 수평각도의 변화를 검색하는 기법을 적용한 곡선의 시작점 결과 A4는 ① 세 점의 수평각도가 178°미만이며, 세 점의 중심노드를 기준으로 양측 끝 노드간의 거리가 인도의 평균 거리 이상일 때, B4는 ③ 세 점의 수평각도가 178° 이상이며, 다음 세 점의 각도가 178°미만인 결과이다.

[표 3-5] 세 점의 수평각도 변화 검색 모델 수집 예시

UFID	시작노드	거리	중간노드	거리	종료노드	각도
A00310000000000000534 ·평균거리 : 3.5m	A1	0.04	A2	10.08	A3	178.45
	A2	10.08	A3	14.13	A4	179.19
	A3	14.13	A4	1.27	A5	164.89
	A4	1.27	A5	0.51	A6	165.85
	A5	0.51	A6	0.4	A7	155.02
	A6	0.4	A7	1.84	A8	148.64
A00310000000000000129 ·평균거리 : 4.4m	B1	7.48	B2	8.65	B3	179.72
	B2	8.65	B3	13.61	B4	178.73
	B3	13.61	B4	2.66	B5	171.69
	B4	2.66	B5	0.65	B6	141.41
	B5	0.65	B6	0.47	B7	166.80
	B6	0.47	B7	1.79	B8	153.34

[표 3-5]에서 검색된 곡선의 시작점 결과인 A4, B4 노드에 대한 네트워크를 구성한 결과를 [그림 3-13]과 같이 그래프에 표현하였다.



[그림 3-13] 세 점의 수평각도 변화 검색 모델 결과 그래프

3. 인도 가상 노드 생성

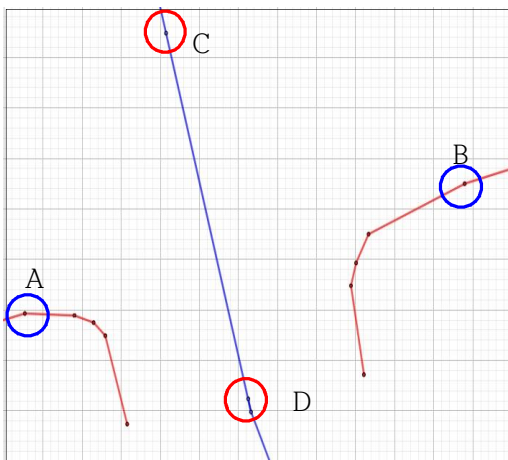
a. 인도와 도로 중심선간의 교차점 노드 생성

인도와 도로 중심선간의 교차점을 새로운 노드로 생성하여 인도가 없는 지역에 대하여 공공시설물이 설치될 위치를 선정하는데 활용할 수 있다. 2. 도로 곡선의 시작점 선정의 3가지 방안으로 선정된 인도의 곡선 시작점 또는 인도의 끝점을 기준으로 도로 중심선과 교차하는 지점에 새로운 가상 노드를 생성한다.

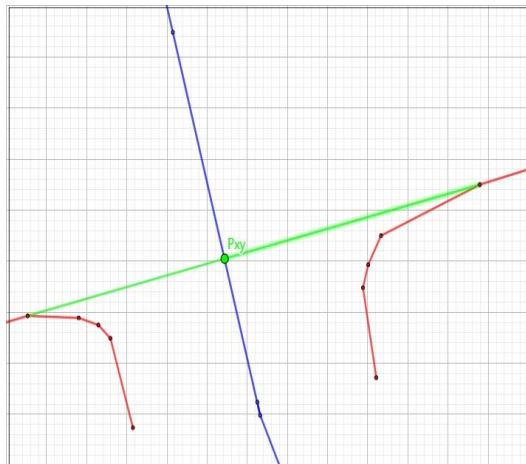
[그림 3-14]와 같이 인도 A(236,722.53, 316,150.93), B(236,733.79, 316,153.5)노드와 도로 중심선 C(236,726.15, 316,156.48), D(236,728.25, 316,149.24) 노드의 교차점 Pxy(x,y)를 새로운 노드로 생성한다.

```

a = (A.x * B.y) - (A.y * B.x)
  = 74,840,656,388.355 - 74,843,607,870.9247
  = -2,951,482.5697
b = (C.x * D.y) - (C.y * D.x)
  = 74,840,792,410.626 - 74,843,170,236.56
  = -2,377,825.934
c = A.x - B.x
  = -11.26
d = C.x - D.x
  = -2.1
e = A.y - B.y
  = -2.57
f = C.y - D.y
  = 7.24
P_x = ((a * d) - (c * b)) / ((c * f) - (e * d))
      = 236,727.44
P_y = ((a * f) - (e * b)) / ((c * f) - (e * d))
      = 316,152.05
Pxy(236,727.44, 316,152.05)
  
```



[교차점 노드 생성 전]

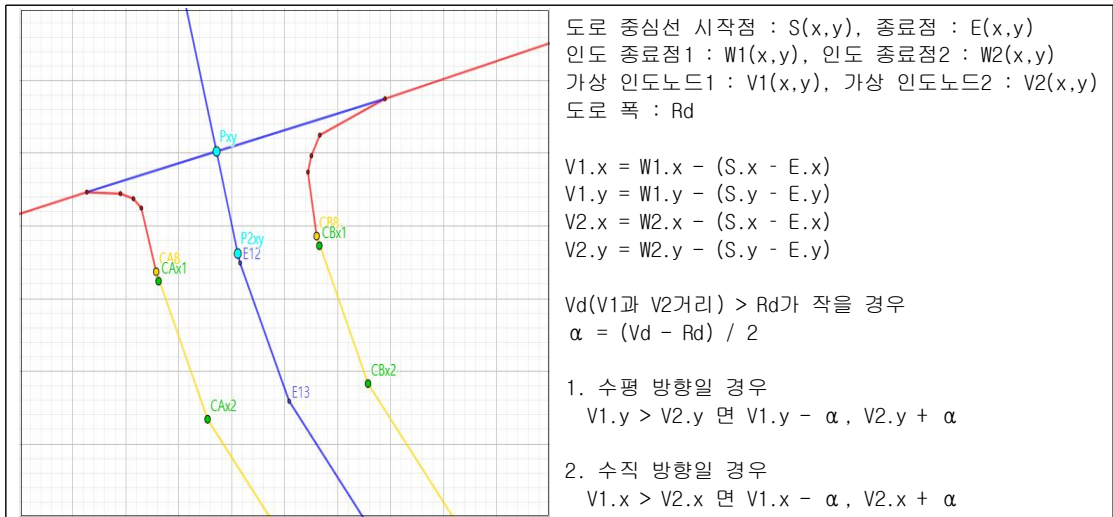


[교차점 노드 생성 후]

[그림 3-14] 인도와 도로 중심선 교차점 노드 생성 예시

b. 도로 중심선을 활용한 가상의 노드 생성

인도와 도로 중심선간의 교차점 노드로 인도가 없는 지역에서 도로 중심선을 이용하여 인도의 끝 부분과 연결 지을 수 있는 가상의 노드를 생성하여 공공시설물이 설치될 위치를 선정하는데 활용할 것이다. [그림 3-15]은 인도가 끊어지는 마지막 노드 CA8, CB8과 도로 중심선간을 ‘점의 좌표 4개 교차점 산출’공식을 적용하여 교차점 P2xy를 생성하였으며, 인도의 가상 노드 생성 방법으로 P2xy에서 E12로 x와 y축이 이동한 거리만큼 CA8에서 가상노드 CAx1, CB8에서 가상노드 CBx1를 생성 할 수 있다. 동일한 방법으로 도로 중심선 E12와 E13이 이동한 좌표만큼 CAx1에서 CAx2, CBx1에서 CBx2 가상 노드를 생성 할 수 있다.



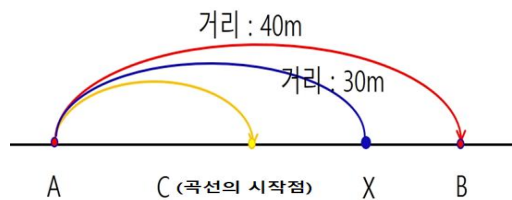
[그림 3-15] 가상 인도 노드 생성 예시

D. 공공시설물 위치선정

공공시설물은 각 기관 및 단체의 설치기준에 따라 차도와 보행자 도로인 인도의 경계지역 안쪽으로 시설물을 설치한다. 본 논문에서는 GIS 시스템에서 인도의 좌표 점으로 생성한 노드와 앞서 2. 도로 곡선의 시작점 선정의 3가지 방안으로 산출된 인도의 곡선 시작점 노드 그리고 인도가 존재 하지 않는 지역에서 생성한 인도 가상 노드를 활용하여 시설물에 대한 위치선정 방법에 대하여 실험 하였다.

1. 선형 보간법을 적용한 위치선정

인도의 노드 및 앞선 실험으로 산출된 가상 노드 등에 선형 보간법을 적용하여 30m 간격으로 공공시설물이 설치될 적정 위치를 선정하는 실험을 진행 하였다.



[그림 3-16] 신규 노드 생성방법 예시

a. 위치선정 우선순위

[그림 3-16]에서 인도 노드인 A와 B의 거리는 40m 이며, C는 앞선 실험으로 산출된 곡선의 시작점 노드이다. A에서 30m 간격의 시설물 위치는 X 이지만, 곡선의 시작점 노드 C가 존재하므로 위치 선정의 우선권은 C로 하였다. 그 이유로는 도로 곡선의 시작점 C는 인도가 없는 이면도로 등으로 공공 시설물을 연결을 진행 할 때 필요한 위치이므로 모든 곡선의 시작점을 시설물 위치 노드로 선정 하였다. 그리고 곡선의 시작점 C를 시작으로 새로운 30m 거리의 위치를 새로 선정 한다. 위치 선정의 방법과

우선순위는 (1) 인도의 모든 좌표 점 노드는 시설물 설치의 예비 위치이며, (2) 시작지점에서부터 선형 보간법을 적용하여 시설물 설치기준에 맞는 거리를 선정한다. (3) 단, 곡선의 시작점 노드가 (2)에서 선정한 위치의 중간에 존재 할 경우 곡선의 시작점을 우선 적용하며, (4) 마지막으로, 선형 보간법을 적용할 때는 시설물 설치 기준보다 거리가 먼 노드를 검색하여 위치 선정한다.

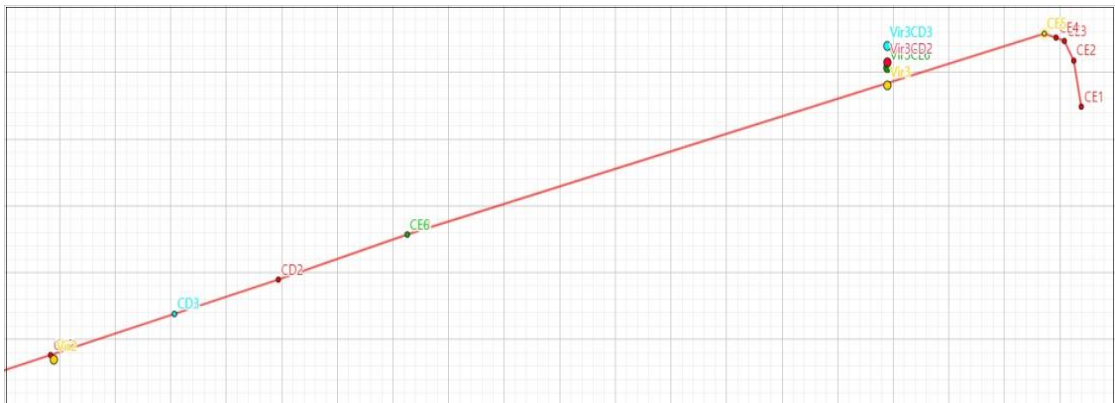
b. 선형 보간법 적용

인도의 노드와 곡선의 시작점 노드를 기준으로 선형 보간법을 적용하여 시작지점에서부터 목적지점까지 우측방향으로 30m 간격으로 이동하는 실험으로 [표 3-6]은 인도 노드 CD3, CD2, CE6, CE5를 선형 보간법을 적용할 기준 노드로 활용하였으며 다음과 같은 결과가 산출되었다.

[표 3-6] 선형 보간법을 통한 위치선정 결과 예시_1

시작점 노드		인도 노드			거리	배율	시설물 위치 가상 노드		
		코드	X 좌표	Y 좌표			코드	X 좌표	Y 좌표
236793.79	316169.39	CD3	236798.13	316170.75	4.55	6.91	Vir3CD3	236823.79	316178.79
		CD2	236801.87	316171.79	8.33	3.71	Vir3CD2	236823.79	316178.3
		CE6	236806.51	316173.14	13.26	2.36	VirCE2	236823.79	316178.23
		CE5	236829.44	316179.16	36.96	0.84	Vir3	236823.79	316177.61

[표 3-6]의 결과를 [그림 3-17] 그래프에 표현한 결과, 시작점 노드와 선형 보간법을 적용하는 기준 노드의 거리가 이동간격(30m) 보다 멀수록 배율이 작아지며, 각 노드간의 네트워크에 근접한 것을 확인할 수 있다.

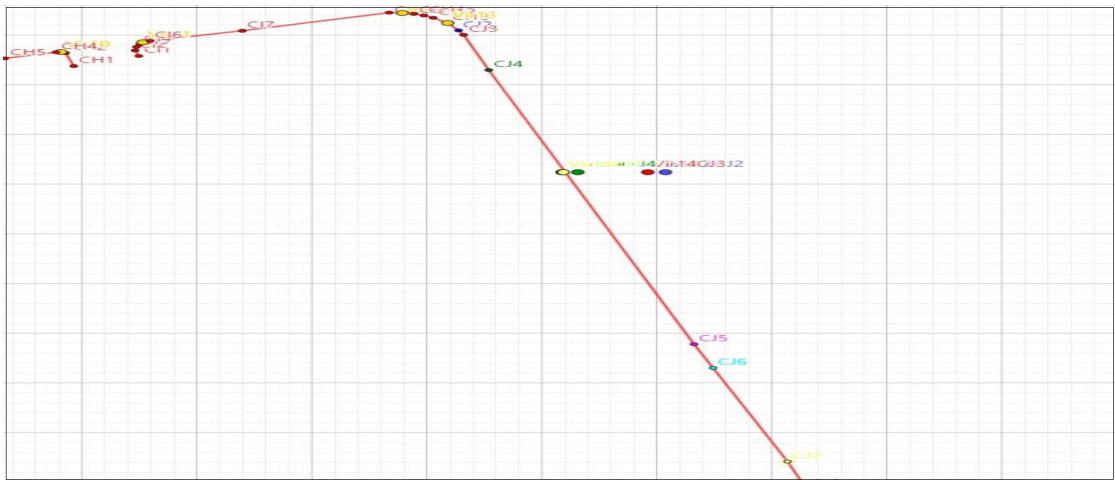


[그림 3-17] 선형 보간법을 통한 위치선정 노드 결과 그래프 예시_1

[표 3-7]은 시작점 노드에서 아래쪽으로 30m 떨어진 위치를 선정하기 위하여 인도 노드 CJ2, CJ3, CJ4, CJ5, CJ6, CJ7를 기준으로 선형 보간법을 적용한 결과이며, [그림 3-18]에서 그래프로 표현하였다.

[표 3-7] 선형 보간법을 통한 위치선정 결과 예시_2

시작점 노드		인도 노드			거리	배율	시설물 위치 가상 노드		
		코드	X 좌표	Y 좌표			코드	X 좌표	Y 좌표
236961.81	316212.38	CJ2	236962.75	316210.89	1.76	20.13	Vir14CJ2	236980.74	316182.38
		CJ3	236963.19	316210.00	2.75	12.61	Vir14CJ3	236979.2	316182.38
		CJ4	236965.38	316202.91	10.12	2.36	Vir14CJ4	236973.12	316182.38
		CJ5	236983.22	316147.79	68.05	0.46	Vir14CJ5	236971.75	316182.38
		CJ6	236984.88	316143.01	73.11	0.43	Vir14CJ6	236971.79	316182.38
		CJ7	236991.35	316124.19	94.86	0.34	Vir14CJ7	236971.86	316182.38



[그림 3-18] 선형 보간법을 통한 위치선정 노드 결과 그래프 예시_2

[표 3-8]은 실험 대상 일부 지역에 대하여 선형 보간법을 적용하여 공공시설물에 대한 위치를 계산한 결과이다. 곡선이 시작되는 점에 노드를 우선적으로 생성한 것은 인도는 없고 도로 중심선만 존재하는 지역에 도로 중심선을 활용하여 가상의 인도 노드를 생성하고 연결하여 네트워크를 구성하기 위한 방법이다. [표 3-8]의 결과를 [그림 3-19] 그래프로 표현하였다.

[표 3-8] 공공시설물 위치선정 노드 예시

노드코드	X 좌표	Y 좌표	비고	노드코드	X 좌표	Y 좌표	비고
St(시작)	236700.89	316145.93		Vir12	236935.31	316208.50	곡선의 시작 점
Vir1	236724.29	316150.75	곡선의 시작 점	Vir13	236957.87	316214.39	
Vir2	236733.79	316153.50	곡선의 시작 점	Vir14	236961.81	316212.38	
Vir3	236763.79	316161.45		Vir15	236971.86	316182.38	
Vir4	236793.79	316169.39		Vir16	236981.71	316152.38	
Vir5	236830.16	316178.94	곡선의 시작 점	Vir17	236991.77	316122.38	
Vir6	236839.55	316182.28	곡선의 시작 점	Vir18	236993.18	316117.86	곡선의 시작 점
Vir7	236861.11	316188.41	곡선의 시작 점	Vir19	236996.59	316107.40	곡선의 시작 점
Vir8	236869.86	316190.39	곡선의 시작 점	Vir20	237006.64	316077.40	
Vir9	236896.90	316197.73	곡선의 시작 점	Vir21	237015.31	316047.40	
Vir10	236904.27	316199.91	곡선의 시작 점	Vir22	237026.05	316017.40	
Vir11	236928.19	316206.56	곡선의 시작 점	Ep(종료)	237031.80	315999.69	



[그림 3-19] 공공시설물 위치 선정 그래프 예시

IV. 실험 결과 및 성능 분석

본 장에서는 GIS 시스템에서 수치지도 2.0의 1/1000 축척 도면에서 인도의 불규칙한 곡선의 시작점을 선정하는 실험과 검증에 통한 결과를 확인한다. 인도의 좌표와 각도는 소수점 세 번째 자리에서 반올림하였으며, 노드간 거리가 1m 미만일 때는 제외처리 하였다. 수평을 유지하는 구간의 각도는 오차 범위를 $\pm 2^\circ$ 로 설정 하였으며, 노드간 거리는 인도 객체별로 평균거리를 산출하여 진행 하였다.

[표 4-1] 실험 환경

구성		내용	
H/W	Sever	HP9000	
	Client	Intel(R) Xeon(R) Gold 5220S CPU 2.7GHZ	
S/W	Sever	HP_UX	
	Client	Windows 10	
	GIS Engine	SmallWorld SWAF 4.1	
	Program Language	Magik Language	
DB	인도(보도) A003	전처리 전	20,234
		전처리 후	3,450
	도로 중심선 A002	전처리 전	1,728,813
		전처리 후	19,104

A. 실험 및 결과

본 장의 실험에서는 도로 곡선의 시작점을 찾기 위하여 [표 4-2]의 인도에 대한 경위도 좌표를 대상으로 수평각도가 유지되는 평균거리를 인도 객체(행정구역 부분 제외) A00310000000000000534(전체거리 28.27m)와 A00310000000000000129(전체거리는 35.31m)를 수식(5)(전체거리/노드수)에 적용하여 평균거리를 각각 3.5m와 4.4m로 산출하여 본 논문에서 제안한 3 가지 모델(두 점사이의 각도변화 검색 모델, 세 점의 수평각도와 거리 차 검색 모델, 세 점의 수평각도 변화 검색 모델)에 적용하여 실험과 검증을 진행 하였다. 검증 방법으로 첫 번째는 인도의 좌표를 시작점에서 마지막 점으로

정방향(preorder) 순차적 검색을 하였으며, 두 번째는 마지막 점에서 시작점으로 역방향(postorder) 순차적 검색을 각각의 모델에 적용하였다.

[표 4-2] 실험 대상 인도의 경위도 좌표 예시

UFID : A00310000000000000534 (전체거리 : 28.27m / 평균거리 : 3.5m)			UFID : A00310000000000000129 (전체거리 : 35.31m / 평균거리 : 4.4m)		
좌표순번	X 좌표	Y 좌표	좌표순번	X 좌표	Y 좌표
A1	236698.9	316145.49	B1	236762.57	316160.98
A2	236698.94	316145.5	B2	236755.36	316159
A3	236708.78	316147.68	B3	236747.01	316156.75
A4	236722.53	316150.93	B4	236733.79	316153.5
A5	236723.8	316150.89	B5	236731.33	316152.5
A6	236724.29	316150.75	B6	236731.01	316151.93
A7	236724.59	316150.49	B7	236730.88	316151.48
A8	236725.15	316148.74	B8	236731.21	316149.72

1. 두 점사이의 각도변화 검색

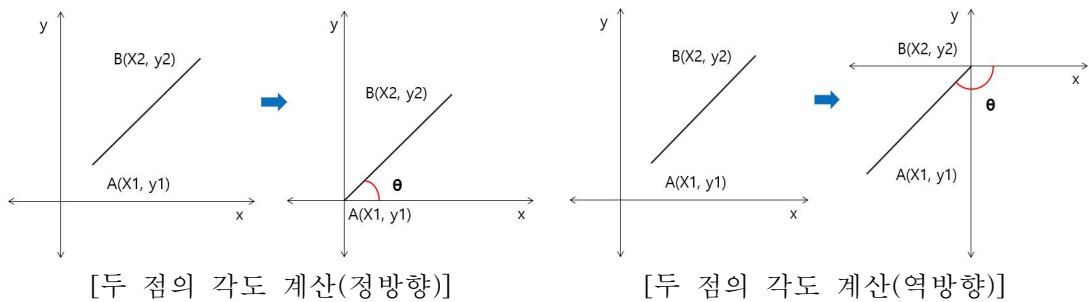
두 점 사이의 각도변화를 검색하는 방법으로, 곡선의 시작점 선정 기준은 ① 산출된 절대각도의 변화가 양수(음수)에서 음수(양수)로 변경되며, 노드 간 거리가 인도의 평균 거리 이상일 때 또는 ② 절대각도 값이 $\pm 2^\circ$ 이상의 변화가 발생되며, 노드 간 거리가 인도의 평균 거리 이상일 때를 곡선의 시작점으로 선정하였다.

실험 결과 정방향 산출에서 곡선의 시작점 선정 기준 A4는 산출된 각도의 변화가 양수(음수)에서 음수(양수)로 변경 지점이며, 인도 평균 거리 3.5m 이상 일 때, B4는 절대각도 값이 $\pm 2^\circ$ 이상의 변화가 발생하는 지점이며, 인도 평균 거리 4.4m 이상이다. 그리고 역방향 산출에서는 A2가 ① 산출된 각도의 변화가 양수(음수)에서 음수(양수)로 변경 지점이지만 A2와 A1 노드간의 거리가 평균거리 3.5m 보다 작은 0.04m 이기 때문에 두 번째 조건인 ② 절대각도 값이 $\pm 2^\circ$ 이상의 변화가 발생하는 지점이면서 인도의 평균 거리보다 긴 노드로 A4를 산출 하였으며, B4도 ② 절대각도 값이 $\pm 2^\circ$ 이상의 변화가 발생하는 지점이면서 인도의 평균 거리 4.4m 이상이므로 곡선의 시작점으로 산출 되었다.

[표 4-3] 두 점사이의 각도변화 검색 모델 검증결과 예시

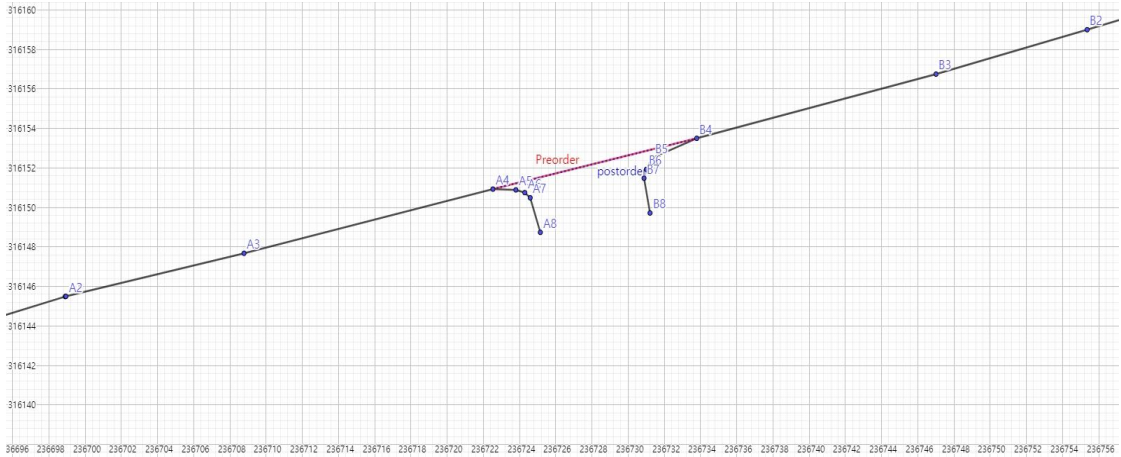
UFID	정방향 산출	각도	노드간 거리	역방향 산출	각도	노드간 거리
A00310000000000000534 ·평균거리 : 3.5m	A1			A8		
		14.04	0.04		107.74	1.84
	A2			A7		
		12.49	10.08		139.09	0.4
	A3			A6		
		13.3	14.13		164.05	0.51
	A4			A5		
		-1.80	1.27		178.20	1.27
	A5			A4		
		-15.95	0.51		166.70	14.13
A6			A3			
	-40.91	0.4		167.51	10.08	
A7			A2			
	-72.26	1.84		-165.96	0.04	
A8			A1			
A00310000000000000129 ·평균거리 : 4.4m	B1			B8		
		15.36	7.48		100.62	1.79
	B2			B7		
		15.08	8.65		73.89	0.47
	B3			B6		
		13.81	13.61		60.69	0.65
	B4			B5		
		22.12	2.66		22.12	2.66
	B5			B4		
		60.69	0.65		13.81	13.61
B6			B3			
	73.89	0.47		15.08	8.65	
B7			B2			
	100.62	1.79		15.36	7.48	
B8			B1			

[표 4-3]의 UFID A00310000000000000534의 정방향과 역방향의 산출된 각도의 변화를 점검한 결과 [그림 4-1]처럼 절대각도 산출의 기준이 되는 노드가 변경되어 산출된 결과이다.



[그림 4-1] 두 점의 각도 계산

[표 4-2]의 인도 노드의 경위도 좌표를 1/1,000 축척의 그래프에 표현하였으며, 두 점 사이의 각도변화 검색 모델의 검증결과로 산출된 Preorder : A4 - B4, Postorder : A4 - B4 노드의 좌표를 그래프 상에서 네트워크를 구성면 [그림 4-2]와 같이 중첩되는 결과를 확인 할 수 있다.



[그림 4-2] 두 점사이의 각도변화 검색 모델 검증 그래프

2. 세 점의 수평각도와 거리 차 검색

세 점의 수평 각도와 노드간의 거리 차를 검색 조건에 추가하여 검색하는 방법으로, 곡선의 시작점 선정 방법은 ① 세 점의 수평각도(오차범위:±2°)가 178°미만이고, 세 점의 중심노드를 기준으로 양측 끝 노드 간의 거리의 차가 2m 초과이며, 각각의 노드간의 거리가 인도의 평균 거리 이상 일 때 곡선의 시작점으로 선정하였다.

실험 결과 정방향 산출에서는 곡선의 시작점 선정 기준으로 [표 4-4]의 A4, B4는 세 점의 수평각도가 178°미만이며, 각 노드간 거리의 차가 2m 초과이며, 각각의 노드간의 거리가 인도 평균 거리 3.5m 와 4.4m 이상이므로 곡선의 시작점으로 산출되었다.

[표 4-4] 세 점의 수평각도와 노드 간의 거리 차 검색 모델
정방향 검증결과 수집 예시

UFID	정방향 산출					
	시작노드	거리	중간노드	거리	종료노드	각도
A00310000000000000534 ·평균거리 : 3.5m	A1	0.04	A2	10.08	A3	178.45
	A2	10.08	A3	14.13	A4	179.19
	A3	14.13	A4	1.27	A5	164.89
	A4	1.27	A5	0.51	A6	165.85
	A5	0.51	A6	0.4	A7	155.02
	A6	0.4	A7	1.84	A8	148.64
A00310000000000000129 ·평균거리 : 4.4m	B1	7.48	B2	8.65	B3	179.72
	B2	8.65	B3	13.61	B4	178.73
	B3	13.61	B4	2.66	B5	171.69
	B4	2.66	B5	0.65	B6	141.41
	B5	0.65	B6	0.47	B7	166.80
	B6	0.47	B7	1.79	B8	153.34

역방향 산출에서도 곡선의 시작점 선정 기준으로 [표 4-5]의 A4, B4는 세 점의 수평각도가 178°미만이며 각 노드간 거리의 차가 2m 초과이며, 각각의 노드간의 거리가 인도 평균 거리 3.5m 와 4.4m 이상이므로 곡선의 시작점으로 산출되었다.

[표 4-5] 세 점의 수평각도와 노드간의 거리 차 검색 모델
역방향 검증결과 수집 예시

UFID	역방향 산출					
	시작노드	거리	중간노드	거리	종료노드	각도
A00310000000000000534 ·평균거리 : 3.5m	A8	1.84	A7	0.4	A6	148.64
	A7	0.4	A6	0.51	A5	155.02
	A6	0.51	A5	1.27	A4	165.85
	A5	1.27	A4	14.13	A3	164.89
	A4	14.13	A3	10.08	A2	179.19
	A3	10.08	A2	0.04	A1	178.45
A00310000000000000129 ·평균거리 : 4.4m	B8	1.79	B7	0.47	B6	153.34
	B7	0.47	B6	0.65	B5	166.80
	B6	0.65	B5	2.66	B4	141.41
	B5	2.66	B4	13.61	B3	171.69
	B4	13.61	B3	8.65	B2	178.73
	B3	8.65	B2	7.48	B1	179.72

[표 4-2]의 인도 노드의 경위도 좌표를 1/1,000 축척의 그래프에 표현하였으며, 세 점의 수평각도와 노드간의 거리 차 검색 모델의 검증결과로 산출된 Preorder : A4 - B4,

Postorder : A4 - B4 노드의 좌표를 그래프 상에서 네트워크를 구성면 [그림 4-3]과 같이 중첩되는 결과를 확인 할 수 있다.



[그림 4-3] 세 점의 수평각도와 노드간의 거리 차 검색 모델 검증 그래프

3. 세 점의 수평각도 변화 검색

세 점의 수평각도의 변화 추이를 검색하는 방법으로, 곡선의 시작점 선정 방법은 ① 세 점의 수평각도(오차범위:±2°)가 178°미만이며, 세 점의 중심노드를 기준으로 양측 끝 노드간의 거리가 인도의 평균 거리 이상일 때, ② 다음 세 점의 노드의 각도가 178°이상이며, 중심노드를 기준으로 양측 끝 노드간의 거리가 인도의 평균 거리 이상일 때 ③ 세 점의 수평각도가 178°이상이며, 다음 세 점의 각도가 178°미만인 지점을 기준으로 선정하였다.

실험 결과 정방향 산출에서는 곡선의 시작점 선정 기준으로 [표 4-6]의 A4는 ① 세 점의 수평각도가 178°미만이며, 세 점의 중심노드를 기준으로 양측 끝 노드간의 거리가 인도의 평균 거리 3.5m 이상이며, B4 는 ③ 세 점의 수평각도가 178°이상이며, 다음 세 점의 각도가 178°미만이므로 곡선의 시작점으로 산출되었다.

[표 4-6] 세 점의 수평각도의 변화 검색 모델 정방향 검증결과 수집 예시

UFID	정방향 산출					
	시작노드	거리	중간노드	거리	종료노드	각도
A00310000000000000534 ·평균거리 : 3.5m	A1	0.04	A2	10.08	A3	178.45
	A2	10.08	A3	14.13	A4	179.19
	A3	14.13	A4	1.27	A5	164.89
	A4	1.27	A5	0.51	A6	165.85
	A5	0.51	A6	0.4	A7	155.02
	A6	0.4	A7	1.84	A8	148.64
A00310000000000000129 ·평균거리 : 4.4m	B1	7.48	B2	8.65	B3	179.72
	B2	8.65	B3	13.61	B4	178.73
	B3	13.61	B4	2.66	B5	171.69
	B4	2.66	B5	0.65	B6	141.41
	B5	0.65	B6	0.47	B7	166.80
	B6	0.47	B7	1.79	B8	153.34

역방향 산출 기준으로 [표 4-7]의 A4와 B4는 ① 세 점의 수평각도가 178°미만이며, A4는 인도의 평균거리 3.5m 이상이며, B4는 4.4m 이상이므로 곡선의 시작점으로 산출되었다.

[표 4-7] 세 점의 수평각도의 변화 검색 모델 역방향 검증결과 수집 예시

UFID	역방향 산출					
	시작노드	거리	중간노드	거리	종료노드	각도
A00310000000000000534 ·평균거리 : 3.5m	A8	1.84	A7	0.4	A6	148.64
	A7	0.4	A6	0.51	A5	155.02
	A6	0.51	A5	1.27	A4	165.85
	A5	1.27	A4	14.13	A3	164.89
	A4	14.13	A3	10.08	A2	179.19
	A3	10.08	A2	0.04	A1	178.45
A00310000000000000129 ·평균거리 : 4.4m	B8	1.79	B7	0.47	B6	153.34
	B7	0.47	B6	0.65	B5	166.80
	B6	0.65	B5	2.66	B4	141.41
	B5	2.66	B4	13.61	B3	171.69
	B4	13.61	B3	8.65	B2	178.73
	B3	8.65	B2	7.48	B1	179.72

[표 4-2]의 인도 노드의 경위도 좌표를 1/1,000 축척의 그래프에 표현하였으며, 세 점의 수평각도의 변화 검색 모델의 검증결과로 산출된 Preorder : A4 - B4, Postorder : A4 - B4 노드의 좌표를 그래프 상에서 네트워크를 구성면 [그림 4-4]와 같이 중첩되

는 결과를 확인 할 수 있다.



[그림 4-4] 세 점의 수평각도의 변화 검색 모델 검증 그래프

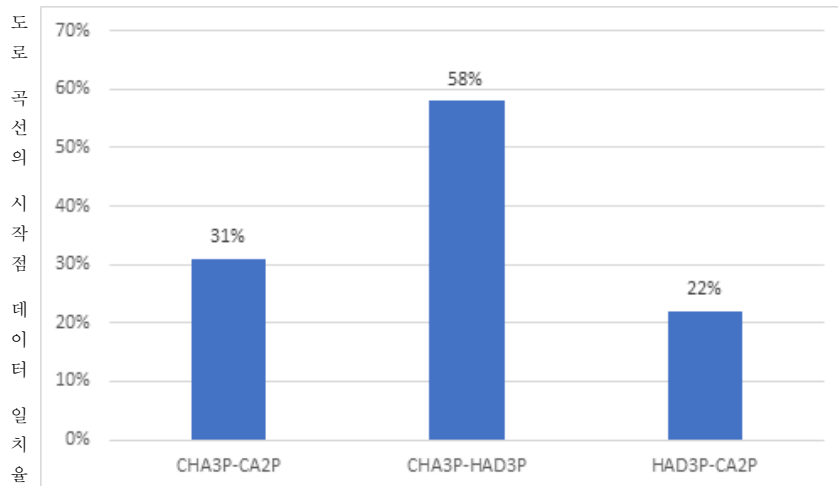
B. 실험 성능 분석

도로 곡선의 시작점을 찾기 위한 방법으로 3 가지 모델을 제안하고 실험을 진행하는 과정에서 ‘수평이 유지되는 거리’를 곡선의 시작점 판정 기준으로 적용하지 않고 인도 객체 3450개를 각각의 모델에 실험한 결과 [표 4-8]과 같이 ‘세 점의 수평각도와 거리 차 검색(HAD3P)’>‘세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P)’>‘두 점사이의 각도변화 검색(CA2P)’의 순서로 선정되었으며, 각 모델간의 데이터 일치율을 점검한 결과 세 점의 수평각도와 거리 차 검색(HAD3P)과 두 점사이의 각도변화 검색(CA2P) 모델의 데이터 일치율은 약 22%, 세 점의 수평각도와 거리 차 검색(HAD3P)과 세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P) 모델의 데이터 일치율은 약 58%, 세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P)과 두 점사이의 각도변화 검색(CA2P) 모델의 데이터 일치율은 약 31% 로서 [표 4-9]와 같이 낮은 일치율을 보여주고 있다.

[표 4-8] 모델별 도로 곡선의 시작점 수량
(수평이 유지되는 거리 옵션 적용 전)

모델 명	도로 곡선의 시작점 수량											
	전체 수량	인도의 노드 수량 별 분류										
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
두 점사이의 각도변화 검색 (CA2P)	2,691	124	266	295	295	293	332	269	289	203	196	129
세 점의 수평각도와 거리 차 검색(HAD3P)	9,925	393	999	1,155	1,108	1,090	1,209	1,030	1,025	718	710	488
세 점의 수평각도 변화 검색 (CHA3P)	7,676	288	672	794	791	810	929	799	896	599	650	448

[표 4-9] 모델간의 도로 곡선의 시작점 데이터 일치현황
(수평이 유지되는 거리 옵션 적용 전)



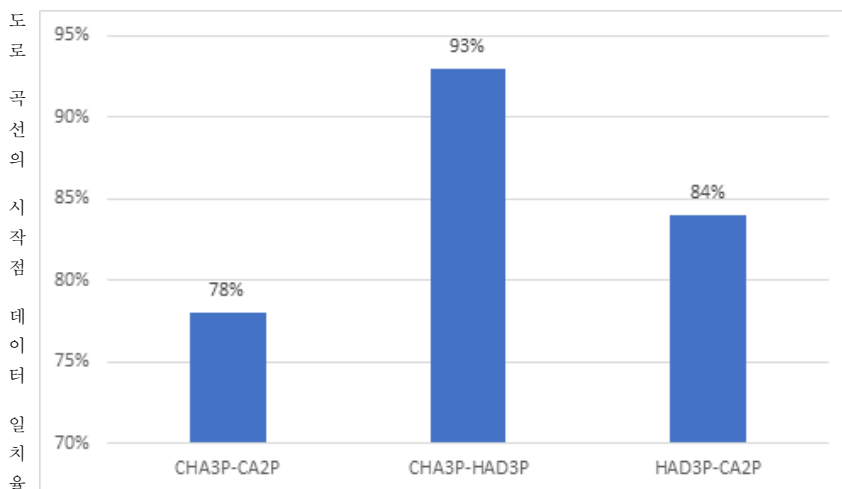
각 모델별 데이터 간에 일치율을 높이고, GIS 시스템 상에서 도로 곡선의 시작점 산출 데이터의 정확도를 증가시키기 위하여 ‘수평이 유지되는 거리’를 도로 곡선의 시작점 판정기준으로 설정하고, 인도 각각의 평균 거리를 ‘수평이 유지되는 거리’ 옵션으로 적용하여 정방향과 역방향 실험을 진행한 결과 모두 동일한 결과를 산출하여, 인도 객체 3450개를 3가지 모델에 각각 실험을 진행하여 [표 4-10]과 같은 결과를 산출하였다.

[표 4-10] 모델별 도로 곡선의 시작점 수량
(수평이 유지되는 거리 옵션 적용 후)

모델 명	도로 곡선의 시작점 수량											
	전체 수량	인도의 노드 수량 별 분류										
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
두 점사이의 각도변화 검색 (CA2P)	6,802	316	663	770	782	692	769	660	730	508	531	381
세 점의 수평각도와 거리 차 검색(HAD3P)	8,245	348	767	892	935	875	972	822	911	626	647	450
세 점의 수평각도 변화 검색 (CHA3P)	8,925	351	791	941	994	954	1,049	903	1,022	685	732	503

가장 많은 양의 도로 곡선의 시작점 데이터를 산출하며, 높은 정확도를 산출한 모델은 ‘세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P)’>‘세 점의 수평각도와 거리 차 검색(HAD3P)’> ‘두 점사이의 각도변화 검색(CA2P)’의 순서로 선정되었으며, ‘세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P) 모델’을 성능 분석의 기준 모델로 선정하였다. 기준 모델인 CHA3P와 CA2P모델 간의 데이터 일치현황을 분석한 결과 CA2P에서는 산출 되었으나 CHA3P 모델에서는 산출되지 않는 수량은 인도 객체 3450개 중 27건(노드 수량 : 27개)으로 약 0.8 %, CHA3P와 HAD3P모델에서 HAD3P에만 산출된 수량은 16건(노드 수량 : 16개)으로 약 0.5 %를 제외한 모든 데이터가 CHA3P 모델의 부분 집합임을 확인하였다.

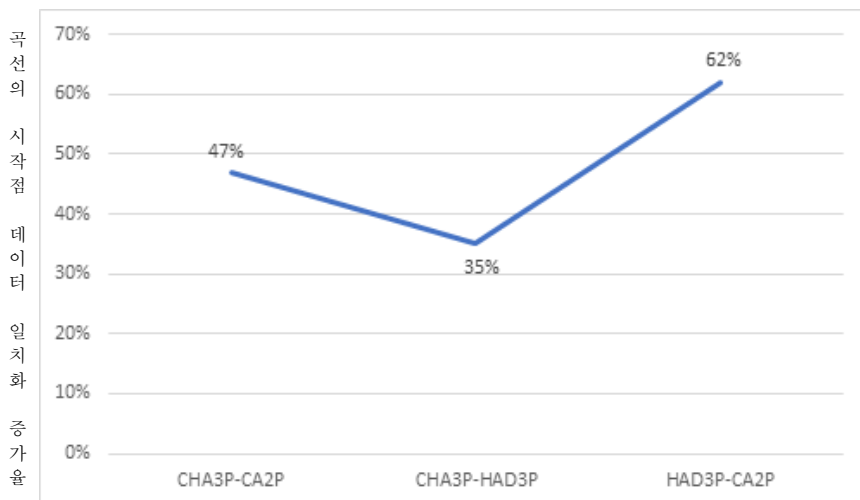
[표 4-11] 모델간의 도로 곡선의 시작점 데이터 일치현황
(수평이 유지되는 거리 옵션 적용 후)



[표 4-11]은 세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P)과 두 점사이의 각도변화 검색(CA2P) 모델은 약 78%, 세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P)과 세 점의 수평각도와 거리 차 검색(HAD3P)모델은 93%, 두 점사이의 각도변화 검색 (CA2P)과 세 점의 수평각도와 거리 차 검색(HAD3P) 모델은 84% 의 각 모델별 데이터의 일치율을 보여주고 있으며, 도로 곡선의 시작점 판정 기준으로 '수평이 유지 되는 거리'를 옵션으로 적용하기 전과 후의 데이터 증가율은 CA2P 모델은 약 156%, CHA3P 모델은 16% 증가 하였으며, HAD3P 모델은 16% 감소하였다. 모델간의 데이터 일치율은 [표 4-12]와 같이 평균 약 48%(CHA3P-CA2P : 47%, CHA3P-HAD3P : 35%, HAD3P-CA2P : 62 %) 증가하였으며, 옵션을 적용한 후의 결과가 안정적인 것을 보여주고 있다. 각 모델별 일치율에 대한 평균을 구하는 수식은 다음 (6)과 같다.

- 인도 객체별 데이터 분류별 수량 : m 개
- a_{ij} : i 번방 j 번째 자료
- n : 모든 자료 개수
- 모델별 일치율 평균 : $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^m (\sum_{j=1}^{n_i} a_{ij})$ (6)

[표 4-12] 모델간의 도로 곡선의 시작점 데이터 일치화 증가율

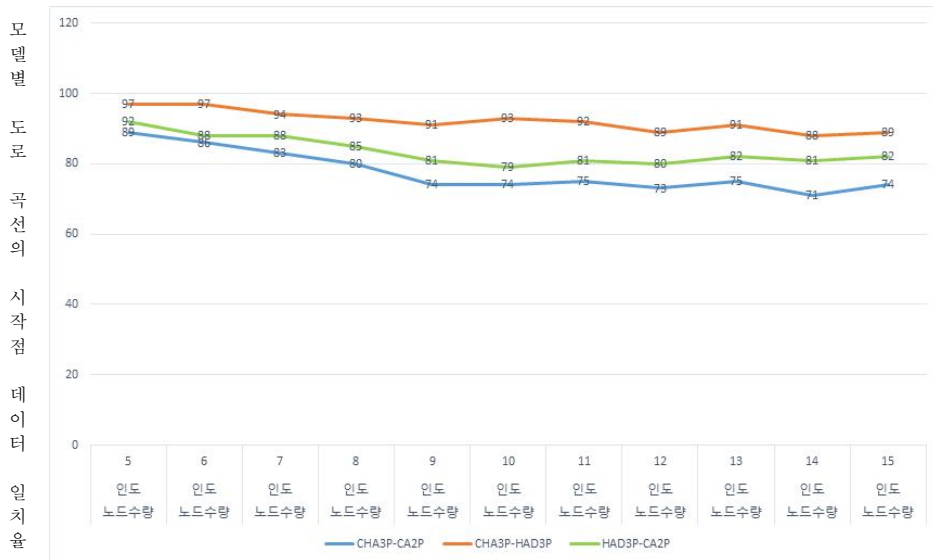


‘수평이 유지 되는 거리’ 옵션을 적용한 데이터에 대하여 데이터 전처리 작업의 기준인 인도의 노드(5 ~ 15 개) 수량과 인도의 길이(10 ~ 150m) 별 도로 곡선의 시작점 산출 데이터 간의 일치화에 대한 평균을 구하였으며, 일치율 평균을 구하는 수식은 다음 (7) 과 같다.

- a_{ij} : i 번방 j 번째 자료
- n : 모든 자료 개수
- 분류별 일치율 평균 : $\frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n_i} a_{ij}$ (7)

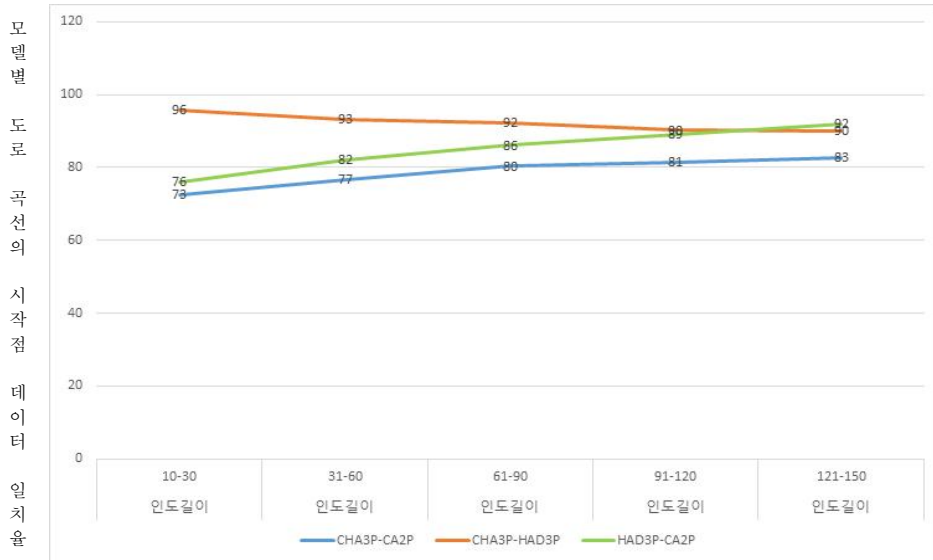
[표 4-13]은 인도 각각의 노드 수량을 5 에서 15개 까지 분류하여 각 모델별 도로 곡선의 시작점 산출 데이터의 일치화에 대한 평균을 백분율로 표현하였다.

[표 4-13] 인도의 노드 수량에 따른 모델간의 데이터 일치율



[표 4-14]은 인도 각각의 길이 10 에서 150m를 30m 간격으로 분류하여 각 모델별 도로 곡선의 시작점 데이터의 일치화에 대한 평균을 백분율로 표현하였다.

[표 4-14] 인도의 길이에 따른 모델간의 데이터 일치율



본 논문의 실험에서 공공시설물 설치를 위한 도로 곡선의 시작점 선정방법을 제안하기 위하여 3 가지 모델(두 점사이의 각도 변화 검색(CA2P), 세 점의 수평각도와 노드간 거리 차 검색(HAD3P), 세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P))을 수치지형도 작성 작업 규정을 기반으로 만들어 검색하였으나 대부분의 데이터가 백터화 작업규정과 불일치 구간이 많은 것을 실험을 통하여 확인하였다. 이러한 부분을 해소하기 위하여 노드와 노드간의 수평이 유지되는 최소한의 길이를 설정하고자 인도 객체별 길이를 노드의 수로 나눈 값을 평균 거리로 산정하여 객체별로 서로 다른 평균거리를 기준을 적용하여 도로 곡선의 시작점을 산출 하였다.

실험을 통한 성능분석 결과 ‘수평이 유지 되는 거리’ 옵션을 적용하기 전과 적용 후의 데이터 증가율은 CA2P 모델은 약 156%, CHA3P 모델은 16% 증가하였으며, HAD3P 모델은 16% 감소하였다. 그리고 모델간의 데이터 일치화는 평균 약 48% (CHA3P-CA2P : 47%, CHA3P-HAD3P : 35%, HAD3P-CA2P : 62 %) 증가하였으며, GIS 시스템 상의 정확도도 같이 증가하였다. 각 모델간의 데이터 일치율은 CA2P 모델은 노드의 수량이 적고, 길이가 긴 단순 구간에서는 평균 약 86% 정도의 일치율이 나왔으

나 그 외 구간에서는 평균 약 74% 정도의 낮은 일치율을 확인 할 수 있다. HAD3P 모델은 성능 비교의 기준인 CHA3P모델과 같이 세 개의 노드 사이 각을 기준으로 수평여부를 체크하는 모델로 서로 간에 평균 약 93%에 이르는 높은 일치율을 보여주고 있다. 이러한 검색 결과를 [표 4-15]를 통하여 각 모델별 기능에 대한 장.단점을 표현 하였다.

[표 4-15] 모델별 비교 점검표

구분	장점	단점
두 점사이의 각도 변화 검색 (CA2P)	1. 인도의 형태가 급격한 변화가 있을 경우 검색가능 2. 노드 수량이 적을 경우 빠른 검색이 가능	1. 인도 모형이 완만하면서 노드 수량이 많을 때는 불완전 검색
세 점의 수평각도와 노드 간 거리 차 검색(HAD3P)	1. 검색 속도가 빠름 2. 모든 형태의 인도 노드 검색가능 3. 노드의 수량과 관계없이 검색 가능	1. 각 노드간의 거리 차가 2m 이내 일 때는 검색 불가 2. T자 형태 인도에서는 한쪽 노드만 검색
세 점의 수평각도 변화 검색 (CHA3P)	1. 모든 형태의 인도 노드 검색가능 2. 노드의 수량과 관계없이 검색 가능 3. 가장 많은 데이터 결과 검색 4. GIS시스템 상에서 가장 정교한 결과를 검색	1. 검색 속도가 나머지 두 개 모델에 비해 다소 느림

각 모델별 비교 점검표처럼 3가지 모델 중 CHA3P모델과 같이 세 개 노드 사이의 수평을 이루는 각도에 대한 기준을 설정하고, 다음 노드와의 각도 변화를 검색하며, 수평을 유지하는 평균 거리를 검색 조건에 추가하여 인도의 수평 유지부분을 찾아 시작점 또는 끝점의 노드를 도로 곡선의 시작점으로 검색하는 방법이 실험을 통하여 가장 많은 데이터를 산출하며, GIS 시스템 상에서도 가장 정교한 검색 결과를 산출하는 것을 확인 하였다.

V. 결론

본 논문은 공공시설물 설치를 위한 도로 곡선의 시작점 선정을 위해 공공시설물의 설치 예정인 시작지점과 목적지점간에 가상의 영역을 설정하여 GIS 시스템에서 수치지도 2.0의 공간정보 데이터인 인도와 도로 중심선의 데이터를 수집하여 좌표 데이터를 노드로 활용하였으며, 인도의 곡선이 시작되는 지점을 찾기 위하여 3 가지 모델(두점사이의 각도 변화 검색(CA2P), 세 점의 수평각도와 노드간 거리 차 검색(HAD3P), 세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P))을 제시하고 실험을 진행하였다. 그리고 인도가 없는 지역에서 도로 중심선을 이용하여 가상의 인도 노드를 새로 생성하였으며, 선형보간법을 적용하여 공공시설물의 시설물 설치 기준에 맞는 거리를 산정하여 시설물 설계 위치를 선정하는 실험도 같이 진행 하였다. 이번 실험을 위하여 제시한 3개의 모델에 대하여 노드와 노드간의 수평이 유지 되는 최소한의 길이를 설정하고자 인도 객체별 길이를 노드의 수로 나눈 값을 평균 거리로 산정하여 객체별로 서로 다른 평균 거리를 기준으로 적용하여 도로 곡선의 시작점을 산출하였다. 데이터 검증방식으로는 각 개체의 좌표 읽는 순서를 정방향과 역방향으로 산출하여 모델의 데이터를 검증하였으며, 가장 많은 데이터를 산출한 세 점의 수평각도 변화 검색(CHA3P) 모델을 기준으로 각 모델별 데이터의 일치화를 점검한 결과, 세 개의 모델 중 CHA3P모델과 같이 세 개 노드 사이의 수평을 이루는 각도에 대한 기준을 설정하고, 다음 노드와의 각도 변화를 검색하며, 수평을 유지하는 평균 거리를 검색 조건에 추가하여 인도의 수평 유지 부분을 찾아 시작점 또는 끝점의 노드를 도로 곡선의 시작점으로 검색하는 방법이 실험을 통하여 GIS 시스템 상에서도 가장 정교한 검색 결과를 산출하는 것을 확인 하였다.

마지막으로, 인도의 곡선 부분과 끊어진 부분, 인도가 존재하지 않는 지역에서도 인도네트워크를 생성하여 GIS 시스템에서 공공시설물에 대한 일괄 자동설계의 가능성을 확인 할 수 있었으며, 선형 보간법을 적용한 위치선정 외에도 이번 실험에서는 적용하지 않았으나 선형 단순화 기법을 활용하는 방안도 고려해볼만하다. 다만, 실용적인 부분에서는 현장 여건에 따라 설치 위치가 변경 될 수 있는 사항이므로 다양하고 세밀한 조건 옵션이 추가되어야 현재보다 더 정확한 결과를 도출 할 수 있다고 생각한다. 이러한 결과를 통하여 설계 시작지점부터 목적지점까지 전주, 통신주, 가로등, 가로수 등

인도에 설치되는 모든 공공시설물을 일괄 자동화 설계가 가능하여 설계시간의 단축 효과를 볼 수 있을 것이라고 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] “국가공간정보포털” (2021년 10월 10일) 국토교통부.
<http://www.nsdi.go.kr/lxportal/?menuno=4064>
- [2] “지형도 도식적용규정”, 국토지리정보원고시(제2019-142호), 2019년 7월1일 시행.
- [3] “[수치지도] 수치지형도 활용하기(1)_지도란 무엇인지,사용이유,축척종류” (2021년 10월 08일) 폰시의조경이야기. 2019년 2월 12일 수정,
<https://blog.naver.com/dgftg/221464190964>
- [4] “수치지형도 작성 작업규정, 별표2”, 국토지리정보원고시(제2019-145호), 2019년 5월 22일 일부개정.
- [5] “수치지형도 작성 작업규정, 제3장 작업방법, 제9조(벡터화)”, 국토지리정보원고시 (제2019-145호), 2019년 7월 1일 시행.
- [6] “배전시공편람(가공) 제2장 5절”, 한국전력공사, 2020(05)
- [7] “정보통신공사 설계기준, 제3장 일반사항 선로설비 및 구내 통신설비”, 한국정보통신 산업연구원, 2018(06)
- [8] “정보통신공사 설계기준, 제3장 일반사항 선로설비 및 구내 통신설비”, 한국정보통신 산업연구원,2018(06)
- [9] 김원희. 2020.“수치지도를 이용한 신배전정보시스템 전주(電柱)위치 개선”, 석사학위, 서울시립대학교 일반대학원 공간정보학과
- [10] “도로 안전시설 설치 및 관리지침(조명시설 편)”, 국토교통부, 2014(02)
- [11] “도로 안전시설 설치 및 관리지침(조명시설 편)”, 국토교통부, 2014(02)
- [12] “도로 안전시설 설치 및 관리지침(조명시설 편)”, 국토교통부, 2014(02)
- [13] 김은범, 2015. “열섬현상을 고려한 가로녹지의 적정 수종 선정 연구 : 서초구의 대표 가로수종을 중심으로”, 석사학위, 단국대학교 대학원 생명자원과학과
- [14] “가로수 조성 및 관리규정 고시, 제2장 가로수 조성”, 산림청고시 제2013-87호, 2013년 12월 31일 일부개정.
- [15] 김두일, 김종석. 1998. “선형사상에 따른 단순화 알고리즘의 반응 특성 연구”, 대한지리학회지, 제33권 4호 1998
- [16] 이재은. 2011. “임계값 설정에 따른 선형 단순화 알고리즘의 반응 특성 연구”, 석사학위, 서울대학교 대학원 건설환경공학부
- [17] 임대엽. 2012.“혼합형 폴리라인 단순화 기법을 이용한 GIS 벡터맵 데이터 손실

압축". 석사학위, 부경대학교 대학원 IT융합응용공학과

[18] “ArcMap Simplify Line” (2021년 12월 9일) esri.

<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/cartography-toolbox/simplify-line.htm>

[19] 박범섭 2013, “속성정보를 이용한 보행자용 도로망 선형 단순화 및 표준에 따른 수정기법 연구”, 석사학위, 서울대학교 대학원 건설환경공학부