



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](#)

공학석사 학위논문

건물 속성 정보를 이용한
보행자 내비게이션용 랜드마크
추출 연구

A Study on Extraction of Landmarks
for Pedestrian Navigation
Using Building Attribute Data

2014 년 2 월

서울대학교 대학원

건설환경공학부

김진형

건물 속성 정보를 이용한
보행자 내비게이션용 랜드마크
추출 연구

A Study on Extraction of Landmarks for Pedestrian Navigation
Using Building Attribute Data

지도교수 유 기 윤

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함
2013 년 11 월

서울대학교 대학원
건설환경공학부
김진형

김진형의 공학석사 학위논문을 인준함
2013 년 12 월

위원장 _____

부위원장 _____

위원 _____

국 문 초 록

최근 인터넷과 스마트폰의 발달로 다양한 공간정보서비스가 제공됨에 따라 보행자용 내비게이션에 대한 관심 또한 높아지고 있다. 보행자에게 길안내를 하는 데 랜드마크를 이용하는 것이 보행자의 이동 특성, 길찾기 성공률 측면에서 효율적이다. 이에 따라 보행자를 위한 랜드마크를 추출하려는 여러 연구들이 진행되어 왔다. 그러나 선행연구는 랜드마크를 추출할 때 건물들 간의 차이만을 고려하고, 보행자 내비게이션이 구동되는 화면 속 지도에 대한 사용자의 시각적 주의를 고려하지 않았다는 단점이 있다.

본 연구는 건물의 속성을 지역적 변수와 전역적 변수로 정의함으로써 이와 같은 문제를 개선하고자 한다. 지역적 변수는 건물들 간의 차이를 나타내고 전역적 변수는 건물이 가지는 고유한 특성을 나타냄으로써 건물의 현출성과 시각적 주의 정도를 반영한다. 또한, 후보군 추출 방법에 네트워크 보로노이 다이어그램을 이용하여 네트워크의 연결성을 고려하고 후보군 중첩 현상을 해결한다.

보행자용 랜드마크를 추출하기 위해 본 연구가 제안한 프로세스는 보행자를 위한 선택점 선정, 랜드마크 후보군 추출, 건물 속성 변수 정의, 속성 변수의 차원 축소 그리고 최종 랜드마크 추출의 단계로 이루어진다. 본 연구는 서울특별시 관악구 일부지역을 대상으로 제안한 알고리즘을 적용하여 랜드마크를 추출하였다.

마지막으로 추출한 랜드마크를 국내 포털 지도서비스의 레이블, 경로 안내에서 이용되는 랜드마크와 비교하여 본 연구에서 추출된 랜드마크를 평가하였다. 결론적으로 본 연구가 추출한 랜드마크가 보행자 내비게이션의 길안내에 이용될 수 있으며, 사용자가 전체 경로 및 공간에 대해 이해하는 데 기여할 수 있을 것이라 판단하였다.

주요용어 : 보행자 내비게이션, 네트워크 보로노이 다이어그램, 주성분 분석, 랜드마크

학번 : 2012-20897

< 목 차 >

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 초 록 | iii |
| 목 차 | iv |
| 그림 차례 | vi |
| 표 차례 | ix |
| | |
| 1. 서론 | 1 |
| 1.1 연구 배경 및 목적 | 1 |
| 1.2 관련 연구 | 5 |
| 1.3 연구 범위 및 방법론 | 8 |
| | |
| 2. 랜드마크 추출 방법 | 11 |
| 2.1 보행자를 위한 선택점 선정 | 11 |
| 2.1.1 보행자용 도로망 전처리 | 11 |
| 2.1.2 선택점 선정 방법 | 13 |
| 2.2 랜드마크 후보군 추출 | 15 |
| 2.3 건물 속성 변수 정의 | 18 |
| 2.3.1 기하학적 특성 | 18 |
| 2.3.2 의미론적 특성 | 19 |
| 2.3.3 지역적 변수와 전역적 변수의 계산 | 20 |
| 2.4 속성 변수의 차원 축소 | 22 |
| 2.5 최종 랜드마크 추출 | 25 |
| | |
| 3. 실험 및 결과 | 26 |
| 3.1 실험 대상지역 | 26 |
| 3.2 보행자를 위한 선택점 선정 실험 및 결과 | 27 |
| 3.2.1 선택점 선정을 위한 보행자용 도로망 전처리 | 27 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 3.2.2 선택점 선정 결과 | 28 |
| 3.3 랜드마크 후보군 추출 실험 및 결과 | 30 |
| 3.3.1 Isovist 폴리곤 | 30 |
| 3.3.2 네트워크 보로노이 다이어그램(NVD) | 32 |
| 3.3.3 최종 후보군 추출 | 34 |
| 3.4 건물 속성 변수 정의 및 계산 | 37 |
| 3.5 속성 변수의 차원 축소 실험 및 결과 | 39 |
| 3.5.1 PCA 결과 | 39 |
| 3.5.2 PCA 결과 분석 | 41 |
| 3.6 최종 랜드마크 추출 결과 | 44 |
| | |
| 4. 평가 | 48 |
| | |
| 5. 결론 | 61 |
| | |
| 참고문헌 | 63 |
| 부록 | 67 |
| Abstract | 88 |

<그림 차례>

| | |
|--|----|
| 그림 1-1. 내비게이션 시스템 요소 기술(Zhao, 1997) | 3 |
| 그림 1-2. 보행자를 위한 랜드마크 추출 프로세스 | 10 |
| 그림 2-1. 보행로 부주체에 대한 클래스 다이어그램 | 12 |
| 그림 2-2. 보행교통시설 부주체에 대한 클래스 다이어그램 | 13 |
| 그림 2-3. 교차로에서 선택점 선정 방법 | 14 |
| 그림 2-4. Isovist 폴리곤의 중첩 현상 | 16 |
| 그림 2-5. 서울시 보도현황(폭원별, 2009년) | 17 |
| 그림 2-6. 최소경계사각형 예시 | 19 |
| 그림 2-7. 매칭 프로세스(김정옥 등, 2009) | 20 |
| 그림 3-1. 실험 대상지역 | 26 |
| 그림 3-2. 전처리 후 실험지역 | 27 |
| 그림 3-3. 전체 실험 지역에서 선정된 선택점 | 28 |
| 그림 3-4. 사거리 대로에서의 선택점 선정 | 29 |
| 그림 3-5. 이면로에서의 선택점 선정 | 29 |
| 그림 3-6. 실험지역의 Isovist 폴리곤 | 30 |
| 그림 3-7. Isovist 폴리곤의 중첩현상 | 31 |
| 그림 3-8. 실험지역의 NVD결과 | 32 |
| 그림 3-9. NVD 오류 사례 | 33 |
| 그림 3-10. 실험지역의 NVD 후보군 | 33 |
| 그림 3-11. 최종 후보군 결과 | 34 |
| 그림 3-12. 보도에서 나타나는 후보군과 건물 | 35 |
| 그림 3-13. 이면로에서 나타나는 후보군과 건물 | 35 |
| 그림 3-14. 후보군 중첩 문제 시 후보군 결정(굵은 경계선 건물) | 36 |
| 그림 3-15. 실험지역 전체의 최소경계사각형 | 37 |
| 그림 3-16. PC1의 지리적 분포 | 41 |
| 그림 3-17. PC2의 지리적 분포 | 42 |

| | |
|---|----|
| 그림 3-18. PC3의 지리적 분포 | 43 |
| 그림 3-19. PC4의 지리적 분포 | 43 |
| 그림 3-20. PC1과 PC2의 산점도 | 45 |
| 그림 3-21. 165번 랜드마크 후보군 | 46 |
| 그림 3-22. 165번 랜드마크 후보군의 PC1, PC2 산점도 | 46 |
| 그림 3-23. 실험지역 전체에서 추출된 랜드마크 | 47 |
| 그림 4-1. E군에 속하는 건물 | 50 |
| 그림 4-2. 후보군 안에서 랜드마크의 특성 면에서 더 우수한 다른 건물이 있는 경우 | 51 |
| 그림 4-3. 경로 2에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 54 |
| 그림 4-4. 경로 5에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 55 |
| 그림 4-5. 경로 4에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 56 |
| 그림 4-6. 경로 4의 첫 번째 선택점 전의 다음 로드뷰(2013년 3월) | 57 |
| 그림 4-7. 경로 16에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 58 |
| 그림 4-8. 경로1에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 60 |
| 그림 부록A-1. 서울시 관악구 은천동 일대의 후보군과 건물 후보군 결과 | 68 |
| 그림 부록A-2. 서울시 관악구 성현동 일대의 후보군과 건물 후보군 결과 | 69 |
| 그림 부록A-3. 서울시 관악구 중앙동 일대의 후보군과 건물 후보군 결과 | 70 |
| 그림 부록A-4. 서울시 관악구 청룡동 일대의 후보군과 건물 후보군 결과 | 71 |
| 그림 부록B-1. 경로 3에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 73 |
| 그림 부록B-2. 경로 6에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 74 |
| 그림 부록B-3. 경로 7에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 75 |
| 그림 부록B-4. 경로 8에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 76 |
| 그림 부록B-5. 경로 9에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 77 |
| 그림 부록B-6. 경로 10에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 78 |
| 그림 부록B-7. 경로 11에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 79 |
| 그림 부록B-8. 경로 12에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 80 |
| 그림 부록B-9. 경로 13에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 | 81 |

| | | |
|-----------|-------------------------------|---------|
| 그림 부록B-10 | 경로 14에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 |82 |
| 그림 부록B-11 | 경로 15에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 |83 |
| 그림 부록B-12 | 경로 17에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 |84 |
| 그림 부록B-13 | 경로 18에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 |85 |
| 그림 부록B-14 | 경로 19에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 |86 |
| 그림 부록B-15 | 경로 20에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크 |87 |

<표 차례>

| | |
|--|----|
| 표 1-1. 보행자 내비게이션 서비스 지역 | 2 |
| 표 2-1. 교통분야 보행 공간 데이터의 주제, 부주제 및 지형지물 클래스 정의 | 12 |
| 표 2-2. 건물 속성 변수 | 21 |
| 표 3-1. 건물 속성 계산 결과 일부 | 38 |
| 표 3-2. 주성분 행렬 | 39 |
| 표 3-3. 설명된 총 분산 | 40 |
| 표 4-1. 네이버 지도의 레벨(hello world, 2013) | 48 |
| 표 4-2. 포털 사이트 지도 서비스 레이블과의 비교 결과 | 49 |
| 표 4-3. 1155, 1113번 건물 특성 | 51 |
| 표 4-4. 5개 경로 탐색 실험 출발지와 목적지(UTM-K 좌표계) | 52 |
| 표 부록B-1. 경로 탐색 실험 출발지와 목적지(UTM-K 좌표계) | 72 |

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

보행자 내비게이션이란 주로 도시 환경에서 보행자를 위한 내비게이션 시스템으로, 보행자에게 지도뿐만 아니라 보행 및 대중교통 모드를 결합한 멀티모달 내비게이션 기능을 제공한다(navipedia, 2013). 최근 인터넷과 스마트폰의 발달로 다양한 공간정보서비스가 제공되고 GPS, 무선 통신을 이용한 상세한 수준의 위치기반서비스(Location-based service)가 가능해짐에 따라 보행자용 내비게이션에 대한 관심 또한 높아지고 있다. 해외에서 상용화된 보행자 내비게이션 사례로는 구글의 도보길찾기 서비스, Garmin cityXplorer™ 등이 있으며, 국내에서는 네이버와 다음 포털 사이트가 제공하는 도보길찾기 서비스, 안전행정부의 ‘뚜벅이 안전길 안내’ 등이 있다.

구글의 도보길찾기 서비스는 미국, 유럽, 중국, 일본 등을 대상으로 도로중심선을 이용하여 보행자에게 경로를 안내한다. 도로 상의 보행자가 이용하는 횡단보도, 육교, 지하보도 등과 같은 시설물을 고려하지 않고 국내에서는 서비스되지 않고 있다(Google Maps, 2013). Garmin cityXplorer™는 대도시 지역을 대상으로 상세한 수준의 도로와 POI(Point Of Interest) 정보를 포함하는 지도로, 기차, 트램, 버스, 지하철, 택시 등 대중교통 연계 정보를 포함하여 보행자 내비게이션 기능을 제공한다(Garmin, 2013). 네이버와 다음은 국내에서 가장 넓은 지역에 대해 보행자를 위한 도보길찾기 서비스를 제공하고 있다. 두 포털 사이트의 도보길찾기 서비스는 출발지와 경유지, 도착지 간의 직선거리가 네이버는 8km, 다음은 10km이하인 경우에 골목길, 횡단보도, 육교, 지하도 등 보행을 위한 교통 시설물을 포함하여 경로를 안내하며, 큰길 우선, 계단 제외와 같은 옵션을 제공한다는 특징이 있다(네이버지도공식블로그, 2013; Daum 지도, 2013). 안전행 정부는 2009년부터 일부 주요 도시에 대해 생활공감지도서비스 운영을 시작한 후로, 2013년 11월 기준 인천, 부천, 대전, 부산 등 14개 도시에 대한 뚜벅이 안전길안내 서비스를 제공하고 있다. 도보 종합안내, 안전 통학로, 밤길 안전귀갓길 안내, 장애인 도보안내 등 사

용자에게 특화된 보행경로를 제공한다는 특징이 있다(생활공감지도, 2013). 표 1-1은 국내에서 서비스되고 있는 포털 사이트와 내비게이션 시스템의 서비스 지역을 비교한 표이다.

표 1-1. 보행자 내비게이션 서비스 지역

| | 조건 | 구글맵스 | 뚜벅이 안전길안내 | 네이버 지도 | 다음 지도 |
|--------------------------------------|--------------------|------|---|--|---|
| 도 보 길 찾 기 서 비 스 | 국내 서비스 가능여부 | - | ○ | ○ | ○ |
| | 국내 서비스 가능 지역 | - | 14개 도시(부산, 인천, 대전, 제주, 경기, 광주, 부천, 안성, 천안, 영천, 거제, 김해, 산, 거창, 광양) | 서울, 6대광역시(인천, 부산, 대전, 대구, 광주, 울산), 경기 27개 도시 | 서울, 6대광역시(인천, 부산, 대전, 대구, 광주, 울산), 경기 21개시 등 50개 도시 |

내비게이션 시스템에서 가장 기본적인 기능은 출발지로부터 목적지까지의 경로를 안내하는 것으로써 이는 현재 위치 파악 및 표시 기능, 지도상에서 목적지 탐색 기능, 목적지까지의 경로 탐색 기능, 경로 표시 및 안내 기능들로 나누어질 수 있다(조성익 등, 2007). 이러한 기능들을 제공하기 위한 내비게이션 요소 기술들에는 그림 1-1과 같이 전자지도 데이터베이스, 맵 매칭 기술, 사용자 인터페이스 기술, 위치 항법 기술, 경로 탐색 기술, 경로 안내 기술, 무선 통신 기술 등이 있다(Zhao, 1997).

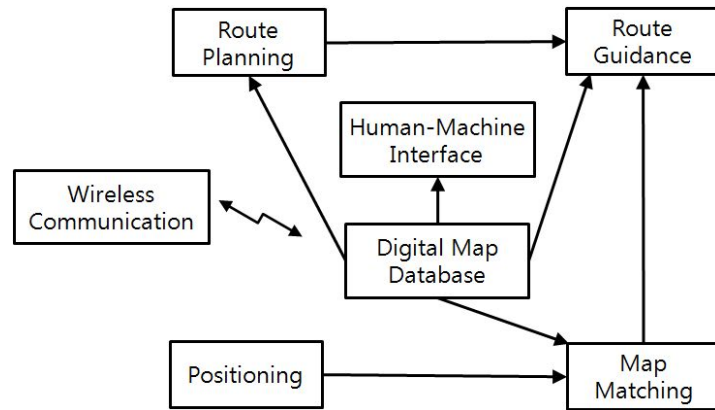


그림 1-1. 내비게이션 시스템 요소 기술(Zhao, 1997)

최근 보행자 내비게이션 시스템을 구축하기 위해 기존의 공간정보로부터 내비게이션 시스템 전자지도 데이터베이스를 생성하는 연구가 진행되어 왔다. Elias(2007)는 지형도, 지적도, 실내지도와 같이 기 구축된 공간정보를 융합, 처리하여 보행자 내비게이션 시스템의 기반이 되는 공간 데이터베이스를 생성하는 방법을 제안하였다. Kim *et al.*(2010)은 기 구축된 공간정보로부터 경로탐색이 가능한 보행자용 도로망을 생성하는 연구를 하였다. 해당 연구는 경기도 수원지역을 대상으로 수치지형도와 도로명주소 전자지도를 이용하여 보행자용 도로망을 자동으로 추출하였다. 두 연구는 종래의 현장조사와 디지털 타이핑 작업 없이 도로망을 자동으로 구축함으로써 비용을 크게 절감하였다는 데 의의가 있다.

한편, 보행자 내비게이션 시스템을 구축하는 데에는 내비게이션 시스템 요소 기술 중 하나인 경로 안내에 대한 고려가 필요하다. 보행자 내비게이션은 도로 네트워크를 이용하여 경로 안내를 한다는 점에서 차량용 내비게이션과 유사하나, 보행자의 고유한 특성 때문에 차량 내비게이션의 경로 안내 방식을 그대로 이용하는 것은 비효율적이다. 도로 네트워크상에서만 움직이는 차량과는 달리 보행자는 도로 네트워크뿐만 아니라 자유도가 높은 공간에서도 이동하기 때문이다. 따라서 보행자를 대상으로 길안내를 할 때에는 차량용 내비게이션처럼 거리와 방향만을 이용한 안내보다는 보행자의 특성을 고려한 길안내 방식을 택할 필요가 있다(Elias, 2003; 노건일 등, 2011).

보행자가 길찾기 또는 길안내를 하는 과정에서 랜드마크는 중요한 역할을

한다. 보행자가 공간인식이나 경로에 대한 의사소통을 할 때 랜드마크를 이용하기 때문이다. 랜드마크는 국지적 공간관계를 이해하는 데 기준 역할을 하며 보행자의 인지지도를 구성함으로써 길 찾기의 맥락에서 인간이 공간과 방향을 인지하는 데 도움을 준다(Sorrows and Hirtle, 1999). 또한, 길 안내의 언어적 구조는 랜드마크와 행위, 방향 세 가지 요소의 결합으로 주로 결정되며(Tversky and Lee, 1999), 길 안내를 할 때 랜드마크를 이용하면, 길 찾기 성공률이 올라간다(Deakin, 1996; Denis *et al.*, 1999; Michon *et al.*, 2001). 따라서 보행자에게 길안내를 하는 과정에서 랜드마크를 이용하는 것이 효율적이다.

종합하면, 최종적인 보행자 내비게이션 시스템을 위해서 보행자의 특성에 맞는 경로 안내 기술을 연구할 필요가 있으며, 보행자에게 경로 안내를 하는 데에는 랜드마크를 이용하는 것이 효율적이다. 따라서 본 연구는 경로 안내 요소 기술을 위한 기초연구로서 기 구축된 공간정보로부터 생성된 보행자용 도로망과 함께 이용될 수 있는 랜드마크를 추출하고 추출된 랜드마크를 평가하고자 한다.

1.2 관련 연구

Sorrows and Hirtle(1999)은 랜드마크를 사람들이 자신의 위치를 인식하거나 경로를 탐색할 수 있도록 돕는 눈에 띄고 기억할만한 객체로 정의하고, 시각적(visual), 인지적(cognitive), 구조적(structural) 랜드마크로 구분했다. 시각적 랜드마크는 시각적 특징으로 인해 눈에 띄는 객체를 의미하고, 인지적 랜드마크는 사회적, 문화적 특징이 있어 랜드마크가 된 객체를 의미하며, 구조적 랜드마크는 공간구조 상 그 역할이나 위치가 접근성이 높은 객체를 의미한다. 또한, Lovelace *et al.*(1999)은 탐색된 경로에서 랜드마크의 위치에 따라 경로 방향이 바뀌는 갈림길에 위치한 선택점 랜드마크(choice point landmarks), 경로 방향이 바뀌지 않는 갈림길에 위치한 잠재적 선택점 랜드마크(potential choice point landmarks), 갈림길에 위치하지 않은 경로 상 랜드마크(on-route landmarks), 멀리 보이는 산이나 바다, 유명한 건물처럼 방향을 알려주는 경로 외 랜드마크(off-route landmarks)로 구분하였다.

랜드마크는 전역적(global), 지역적(local) 랜드마크로 구분되기도 한다. 랜드마크는 공간 추론과 길찾기의 맥락에서 이용되기 때문이다. 먼저 공간 추론의 맥락에서 랜드마크는 공간의 지각적 인식에서 기준 역할을 한다. 지역적 랜드마크는 눈으로 볼 수 있는 환경으로 정의된 지역에서 기준으로 이용되며, 전역적 랜드마크는 더 광범위한 지역에서 기준으로 이용된다. 다음으로 길찾기의 맥락에서 전역적 랜드마크는 방향 정보를 제공하는 데 이용되며, 지역적 랜드마크는 경로에 가까이 위치하여 위치 정보를 제공한다. 앞서 Lovelace *et al.*(1999)이 분류한 4개의 랜드마크 중 경로 외 랜드마크는 전역적 랜드마크에 선택점 랜드마크, 잠재적 선택점 랜드마크, 경로 상 랜드마크는 지역적 랜드마크에 속한다고 할 수 있다(Winter *et al.*, 2008)

갈림길에 위치한 랜드마크는 길안내에 중요한 역할을 한다. Denis *et al.*(1999)은 선택점에 위치한 랜드마크가 길안내의 질에 중요한 역할을 한다고 주장하였으며, Lovelace *et al.*(1999)은 익숙하지 않은 환경에서 보행자의 길안내에 대한 평가와 선택점에 위치한 랜드마크가 유의미한 양의 상관관계를 가지고 있음을 보였다. 또한 Michon and Denis(2001)는 보행자는 랜드마크를 향해서 이동하는 특성이 있으며 경로에서 방향 전환이 필요할 때 랜드

마크가 필요해지므로, 경로 상에 존재하는 모든 선택점 근처에 있는 랜드마크가 제공되어야 한다고 주장하였다.

랜드마크의 특성을 정의하는 데 있어 ‘현출성(salience 또는 saliency)’이라는 개념이 중요한 역할을 한다(Caduff and Timpf, 2008; Elias, 2003; Raubal *et al.* 2002). 현출성이란 다른 객체들과 비교했을 때, 상대적으로 눈에 띄고 구별되는 성질을 의미한다. Caduff and Timpf(2008)는 현출성을 물체에 대한 시각적 주의(Visual attention)의 분배로 정의하고 이를 랜드마크의 현출성을 평가하는 기준으로 삼았다. 시각적 주의란 일정한 노출범위 내에 있는 자극에 초점을 기울이는 정도를 의미한다. 인간의 시각적 주의를 모방하기 위한 모델에서는 크기, 모양, 방향, 색상, 밝기, 질감 등의 특성을 이용한다(Treisman, 1980; Scholl, 2001). 그러나 색상, 밝기, 질감 등은 데이터의 획득과 표준화가 어렵다는 단점이 있다.

길안내를 위한 랜드마크를 추출하기 위해 건물을 대상으로 다양한 방법의 연구가 진행되어 왔다. Raubal *et al.*(2002)은 랜드마크의 특징이 될 수 있는 건물의 속성을 정의하고 랜드마크의 현출성을 수치적으로 모델링하였다. 시각적 속성(건물 정면 면적, 모양, 색깔, 가시성), 의미론적 속성(문화·역사적 중요성, 간판), 구조적 속성(인접한 도로 네트워크의 연결성, 건물의 이동방해성)으로 건물의 속성을 정의하고 랜드마크가 인접한 건물들과의 차이에 따라 결정된다는 가정 하에 각각의 속성들이 주변 건물의 평균과 통계적으로 유의미하게 다른지 검정하였다. 유의미하게 다른 경우 1, 다르지 않은 경우를 0으로 하고 각 값을 속성에 따라 가중선형조합하여 랜드마크의 가치로 정의하였다. 랜드마크의 가치가 큰 경우 길안내 시 이용될 수 있다.

Elias(2003)는 건물의 속성을 이용하여 공간 데이터베이스로부터 랜드마크를 자동으로 추출하는 방법을 제안하였다. 건물의 속성을 건물용도, 크기, 높이, 인접한 주변건물 수, 방향, 도로와의 거리 등으로 정의하고 데이터 마이닝기법인 ID3와 cobweb을 이용하여, 주변건물과 크게 다른 속성을 가진 랜드마크를 추출하였다.

국내에서는 노건일 등(2011)이 안전행정부에서 배포하는 도로명주소 전자지도를 이용해 실제로 랜드마크를 추출하였다. 건물의 속성을 주변의 상황에 영향을 받지 않는 절대적 기준과 주변 상황에 따라 달라지는 상대적 기준으

로 정의하고, 절대적 기준은 가중선형조합으로 상대적 기준은 마할라노비스 거리로 차원을 축소시켜 k-means 군집화 기법을 적용한 후, 아웃라이어들을 랜드마크로 추출하였다.

그러나 언급된 세 연구들은 랜드마크가 상대적인 개념이라고 가정하여, 주변 건물들과의 차이가 가장 큰 건물을 랜드마크로 정의함으로써 한계를 가진다. 먼저 주변 건물들과의 차이가 크면 클수록 랜드마크의 가치가 높아지지만 차이가 가장 크더라도 건물의 고유적 특성 때문에 다른 건물이 랜드마크가 되는 것이 보행자가 랜드마크를 인식하는 데 더 유리할 수 있다. 예를 들어, 중대형의 건물들 사이에서 소형 건물이 랜드마크로 선택될 수 있는데 이러한 경우에는 주변 건물 속성의 평균에 가깝더라도 대형 건물들 중에 하나가 랜드마크로 추출되는 것이 유리하다.

또한, 위 연구들은 공간추론과 길찾기의 맥락에서 주변 건물과의 차이만을 고려하여 지역적 랜드마크를 추출함으로써 한계를 가진다. 보행자는 길찾기를 할 때, 실세계 환경과 보행자 내비게이션 시스템이 구동되고 있는 기기 화면 속 지도를 보며 지역적인 수준에서 위치를 파악할 뿐만 아니라 전역적인 수준에서 방향에 대한 정보를 얻기 때문이다. 보행자 내비게이션은 스마트폰 산업에서 관심을 얻고 있으며(Fang *et al.*, 2012; Hile *et al.*, 2008), 향후 태블릿 PC, 웨어러블 디바이스 등에서 이용될 가능성이 높다. 따라서 길 안내에 쓰일 랜드마크는 실세계에서 눈에 띄고 기억할만한 객체여야 할뿐만 아니라 기기 화면 속 지도에서도 보행자가 전체 경로 및 공간을 이해하는 데 도움을 줄 수 있어야 한다.

1.3 연구 범위 및 방법론

본 연구는 보행자가 전체 경로가 나타나는 화면 속 전체 경로 및 공간에 대해 이해하는 행위를 도울 수 있는 랜드마크를 추출하고자 한다. 이를 위해 전역적 변수, 보로노이 네트워크를 이용한 후보군 생성을 함으로써 선행연구를 보완하고자 한다.

먼저 본 연구는 시각적 주의를 고려함으로써, 랜드마크 추출 과정에서 차이만을 고려했을 때 생길 수 있는 문제 발생 가능성을 완화하고, 보행자가 화면 속 지도를 통해 전체 경로 및 공간에 대해 인지적인 처리를 돕고자 한다. 기기 화면 속에 나타나는 광범위한 지역에서 전체 경로 계획 및 공간을 인식에 도움을 주기 위한 랜드마크는 보행자의 시각적 주의를 끌 수 있어야 한다. 인간은 인지적 용량의 제약으로 특정 자극 외에 다른 자극들은 상대적으로 무시하는 시각행동을 보이기 때문이다. 이로 인해 광고 및 마케팅 분야에서는 시각적 주의를 중요시한다(김지호 등, 2007). 김지호 등(2007)은 모니터 배경화면에서 사각형 자극의 크기와 위치, 부분 겹침 단서를 변화시키며 사람의 시각행동을 관찰한 실험에서 자극의 크기가 클수록 시각적 주의를 쉽고 빠르게 오랫동안 끌 수 있다는 것을 실증적으로 검증하였다. 이에 본 연구에서는 인간의 시각특성을 고려하고 지도 상 건물 고유의 기하학적 특성을 나타내는 전역적 변수를 도입한다.

두 번째, 도시 내 모든 지역에서 전역적인 수준의 이해를 위해 보행자용 도로망이 생성되어 있는 모든 지역에서 랜드마크가 추출되도록 한다. 랜드마크가 추출되지 않은 지역에 대해서는 전체 경로 및 공간에 대한 이해가 어렵기 때문이다. 선행연구는 보행자가 경로에서 방향 전환을 하는 선택점에서 후보군을 설정하고 그 안에서 랜드마크를 추출한다. Elias(2003)는 선택점으로부터 50m 또는 100m 이내에 있는 건물들을 랜드마크 후보군으로 삼았으며, 노건일 등(2011)은 Isovist 폴리곤을 이용하여 ‘관측 가능한 건물’을 랜드마크 후보군으로 추출하였다. 본 연구에서는 선행 연구에서 사용한 도로망보다 밀도가 높은 보행자용 도로망을 사용하기 때문에 Isovist 폴리곤만을 생성하여 후보군을 만들었을 때, 네트워크의 연결성을 고려하지 못하고 후보군의 중첩 현상으로 모든 선택점에서 랜드마크가 추출되지 못한다. 이로 인해 모

든 선택점에서 길안내할 수 있는 랜드마크를 추출하지 못하고 랜드마크가 추출되지 않은 지역에서는 보행자의 전역적 수준에서의 이해를 도울 수 없다는 단점이 있다. 이를 완화하기 위해 본 연구에서는 Isovist 폴리곤과 네트워크 보로노이 다이어그램(Network Voronoi Diagram, 이하 NVD)을 이용한다.

본 연구에서 랜드마크 추출의 대상이 되는 건물 데이터는 안전행정부에서 제공하는 도로명 주소 전자지도 건물 레이어이며, 후보군 추출 및 랜드마크 평가 시 이용되는 네트워크 데이터는 Kim *et al.*(2010)에서 제안한 알고리즘을 통해 생성된 보행자용 도로망이다. 본 연구에서 랜드마크를 추출하기 위한 프로세스는 보행자를 위한 선택점 선정, 랜드마크 후보군 추출, 건물 속성 변수 정의, 속성 변수의 차원 축소, 그리고 결과 분석 및 랜드마크 추출의 단계로 이루어진다. 먼저 보행자를 위한 선택점 선정은 보행자에게 방향 전환을 안내할 필요가 있는 노드를 보행자용 도로망에서 선정하는 과정이다. 이 과정에서 선정된 선택점을 중심으로 Isovist 폴리곤과 NVD를 이용한 랜드마크 후보군 추출이 이루어진다. 다음으로 앞서 추출된 랜드마크 후보군을 이용하여 지역적 변수가 정의되고 실험 지역 전체를 대상으로 전역적 변수가 정의된다. 차원 축소 과정은, 랜드마크를 추출하는 과정에서 건물의 지역적 특성과 전역적 특성을 모두 반영하기 위하여 각각의 변수를 대표할 수 있는 새로운 변수를 추출해내는 과정이다. 본 연구에서는 주성분 분석(Principal Component Analysis, 이하 PCA)을 이용한다. 마지막으로 차원 축소 과정의 결과로 도출된 새로운 변수를 이용하여 최종 랜드마크를 추출한다. 보행자를 위한 랜드마크를 추출하는 전체 프로세스는 그림 1-2와 같다.

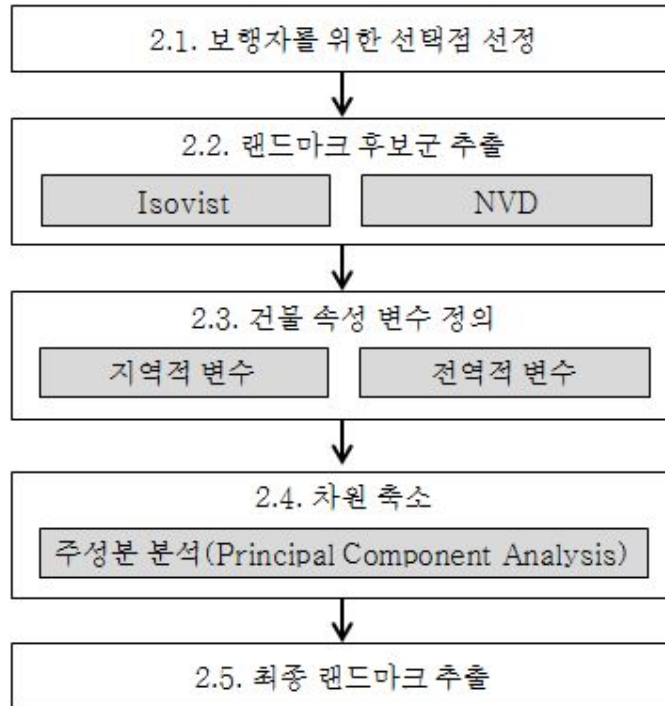


그림 1-2. 보행자를 위한 랜드마크 추출 프로세스

2. 랜드마크 추출 방법

2.1 보행자를 위한 선택점 선정

2.1.1 보행자용 도로망 전처리

실험 지역의 보행자용 도로망을 대상으로 보행자를 위한 선택점을 추출하기 위해서는 전처리 과정으로 보행시설물의 제거가 이루어져야 한다. 보행시설물은 그 자체가 랜드마크로서의 역할을 하며, 보행시설물에서는 경로 진행 방향의 전환이 일어나지 않기 때문이다.

우리나라는 “기본지리정보 데이터 모델 설계지침(TTAS.OT-10.0022)” 표준을 통해 일관성 있고 체계적인 기본지리정보 데이터 모델 표준 개발 및 다양한 지리정보의 개념적 데이터 모델 설계를 하고 있다. 교통 분야에서는 도로, 철도, 교통시설 부분의 지형지물 유형과 속성을 정의하는 “교통분야 기본지리정보 데이터 모델(TTAS.OT-10.0021)”이 적용되고 있다. 그러나 보행자용 도로망을 위한 데이터 모델에 대한 표준은 2013년 11월 기준 부재한 상태이며, 2012년 6월 서울대학교에서 제안한 “교통분야 보행 공간 데이터모델”이 한국정보통신기술협회(TTA)의 과제로 채택된 상태이다.

교통분야 보행 공간 데이터모델은 교통 분야 보행 공간 데이터의 주제 및 부주제, 지형지물 클래스를 정의한다[표 2-1]. 부주제 보행로에 속하는 선형 객체인 보행로 중심선은 단위보행로와 보행로교차점으로 나뉘어 일반적인 공간정보의 노드와 링크의 관계를 가지게 된다. 그리고 면 객체인 보행로경계는 단위보행로면과 단위보행로면이 서로 교차하는 보행로교차면으로 나뉜다[그림 2-1]. 그리고 부주제 보행 교통시설은 보행교통시설물을 지형지물 클래스로 가지며 교량을 비롯하여 횡단보도, 육교, 지하보도 등과 같이 보행 공간상에 존재하는 보행관련 시설물들이 포함되어 있고 각각의 시설물은 선형객체나 점 객체로 정의되어 있다[그림 2-2](박범섭, 2013).

표 2-1. 교통분야 보행 공간 데이터의 주제, 부주제 및 지형지물 클래스 정의

| 주제 | 부주제 | 지형지물 클래스 | 정의 |
|----|--------|----------|--|
| 교통 | 보행로 | 보행로중심선 | 보행자용 도로 위의 연결 및 흐름을 표현하기 위한 추상클래스 |
| | | 보행로경계 | 보행자용 도로를 시각적으로 표현하기 위한 추상클래스 |
| | 보행교통시설 | 보행교통시설물 | 보행자용 도로망의 일부가 될 수 있으며 보행흐름에 영향을 줄 수 있는 시설을 표현하기 위한 추상클래스 |

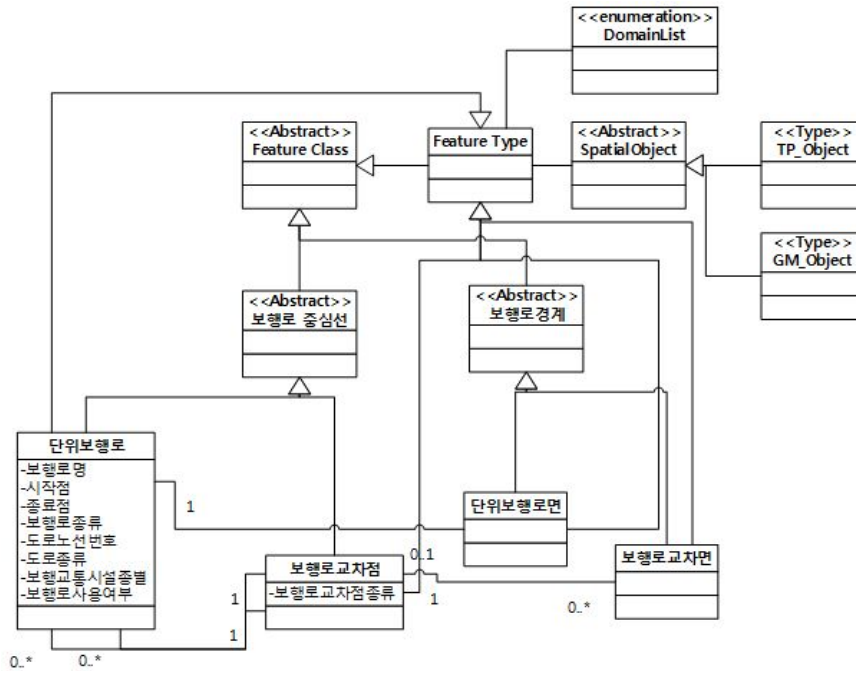


그림 2-1. 보행로 부주제에 대한 클래스 다이어그램
(교통분야 보행 공간 데이터모델)

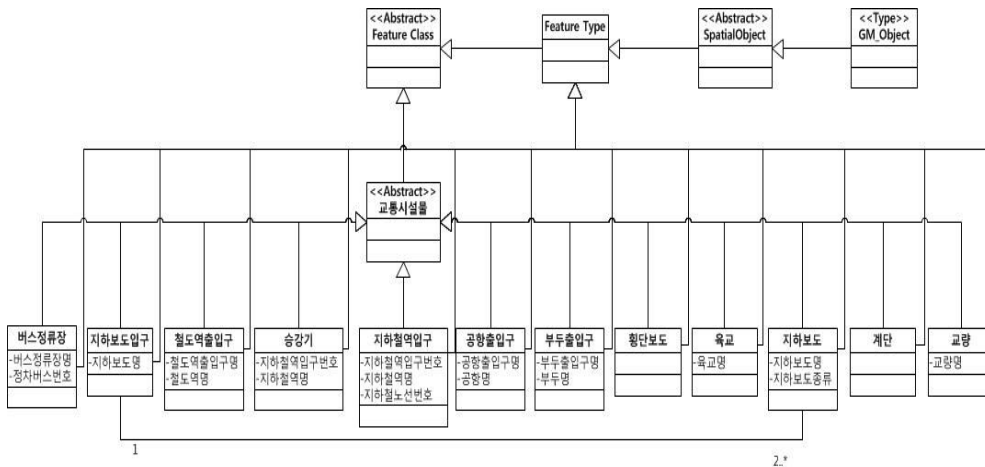


그림 2-2. 보행교통시설 부주제에 대한 클래스 다이어그램
(교통분야 보행 공간 데이터모델)

교통분야 보행 공간 데이터모델에 따르면 본 연구에서 이용하는 보행자용 도로망은 부주제 보행로의 보행로중심선과 부주제 보행교통시설의 보행교통 시설물로 구성되어 있다. 본 연구에서는 보행자용 도로망에서 보행교통시설물을 제외하고 보행로중심선만을 대상으로 선택점을 추출한다.

2.1.2 선택점 선정 방법

보행자는 갈림길에서 이후의 방향 전환을 결정하며, 이때 랜드마크가 필요하다. 따라서 보행자를 위한 선택점을 ‘3개 이상의 링크와 연결된 노드’로 정의하고 이를 추출한다. 그런데 보행자용 네트워크의 특성 상 대로의 교차로에서는 링크가 두 줄로 생성되어 사거리임에도 실제로는 링크가 교차하지 않는다. 이러한 경우 도로 중심선의 사거리 교차점을 도로폭+3m로 버퍼연산한 후, 보행자용 네트워크와 교차시켜, ‘2개 이상의 링크와 연결된 노드’를 찾는다. 3m는 면 형상의 도로를 선 형상으로 변환하는 과정에서 발생하는 오차를 고려한 수치로 실험적으로 결정하였다.

그림 2-3은 교차로에서의 선택점 선정 방법에 대한 그림이다. 그림 2-3(a)는 생성된 보행자용 도로망에서 교차로의 모습이다. 그림 2-3(b)의 굵은 선은 보행자용 도로망, 얇은 선은 도로중심선을 나타낸다. 회색 원은 해당 사거

리 교차점에 도로폭+3m 버퍼연산을 한 결과이다. 보행자용 도로망 상에 위치한 결절점들 중에서 회색 원과 중첩되는 4개의 점이 교차로에서 선정된 선택점이다.

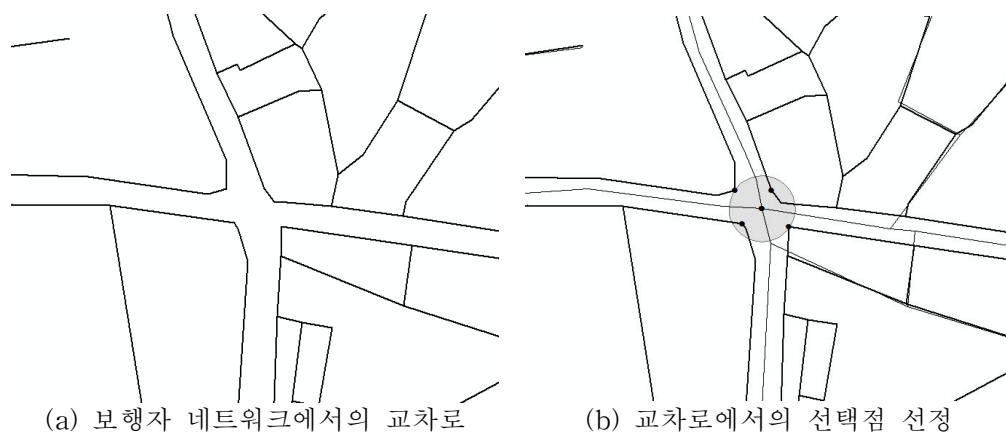


그림 2-3. 교차로에서 선택점 선정 방법

2.2 랜드마크 후보군 추출

주변 건물과의 차이를 나타내는 변수를 계산하기 위하여, 랜드마크 후보군을 설정해야 한다. 선행연구는 선택점에서 일정한 거리 내에 있는 건물을 선택하거나(Elias, 2003) 선택점 주변에서 Isovist를 이용하여 관측 가능한 건물을 선택하였다(노건일 등, 2011).

본 연구는 선택점에서 랜드마크가 가시권 안에 있어야 한다는 가정 하에 Isovist를 이용한다. Benedikt(1979)는 공간에서의 인지와 지각을 계량적으로 나타내기 위하여 Isovist 이론을 제안하였으며, Isovist는 특정 지점에서 보이는 점의 집합으로 정의된다. 2차원 Isovist의 경우 주어진 평면 P 에서 P 에 속하는 점 x 에서 관측될 수 있는 모든 점을 y 라 할 때, x 의 Isovist는 식 (2-1)로 정의될 수 있다(Davis, 1979).

$$V_{x,P} = \{y | y \in P \text{ and } xy \cap P = xy\} \quad (2-1)$$

각 선택점으로부터 Isovist를 정의하기 위해 본 연구는 Ray Tracing 방식을 이용한다. 이 방법은 컴퓨터 비전(Vision)에서 많이 이용되는 방법으로 한 지점에서 쏘는 빛을 가상의 선으로 가정하면 이 선들의 합을 면적으로 정의할 수 있다는 점을 이용한다(전범석 외, 2011). 2차원 Isovist(2D)를 Ray Tracing 접근법을 이용하여 식 (2-2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$2D = \sum_{x=1}^n V_x, \quad V_x = \sum_{i=1}^m D_i \quad (2-2)$$

여기서, D_i : 관측지점 x 로부터 i 번째 Ray Tracing에 의한 가상의 선 길이, n : 관측지점의 개수, m : 가상의 선의 개수

그러나 보행자용 도로망 상의 선택점에서 Isovist만을 이용하여 후보군을 추출할 경우 네트워크의 연결성은 고려되지 않으며, 후보군 중복으로 인하여 하나의 건물이 여러 후보군에 들어가는 문제가 발생한다[그림 2-4]. 이러한 경우, 이후 차원 축소 과정에서 케이스 간 독립성이 떨어지게 되고, 모든 갈

림길에서 보행자에게 길안내하기에는 부족한 개수의 랜드마크가 추출될 수 있다.



그림 2-4. Isovist 폴리곤의 중첩 현상

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구는 NVD를 이용한다. NVD는 보로노이 다이어그램에서 임의의 점 p 와 생성점 p_i 간의 거리를 유클리디안 거리 (Euclidean distance)가 아닌 네트워크 상의 거리를 이용한다는 점에서 차별점이 있다. 보로노이 다이어그램 상의 평면을 네트워크 공간으로 치환하고 유클리디안 거리를 네트워크 상의 거리를 이용함으로써 NVD를 생성할 수 있다(Okabe *et al.*, 2008). Okabe *et al.*(2008)은 네트워크 상의 점 집합을 $P = \{p_1, \dots, p_n\}$ 라고 했을 때, 임의의 점 p 와 생성점(generator) p_i 간의 거리를 최단 거리 $d_S(p, p_i)$ 로 정의하고, NVD를 보로노이 네트워크 부분집합의 합으로 정의했다. 즉, 보로노이 네트워크의 부분집합을 Vor_i 라고 했을 때, $Vor = \{Vor_1, \dots, Vor_n\}$ 이다. Vor_i 는 식 (2-3)과 같이 나타낸다.

$$Vor_i = \{p | d_S(p, p_i) \leq d_S(p, p_j), j \neq i, j = 1, \dots, n\} \quad (2-3)$$

여기서 Vor_i : NVD의 부분집합, d_S : 네트워크 상 최단 거리,

n : 네트워크 상 생성점의 개수

본 연구에서는 각 선택점에서 Isovist 폴리곤을 생성하고, 각 선택점을 생

성점으로 하여 NVD를 생성한다. NVD는 네트워크 형태로 생성되므로 버퍼링을 하여 후보군을 만든다. 서울특별시의 2009년 보도현황(폭원별)자료에 의하면 보도폭은 2m미만에서 10m이상까지 다양하다[그림 2-5]. 본 연구에서는 보도의 폭을 보수적으로 고려하여 12m의 버퍼 연산을 수행한다.

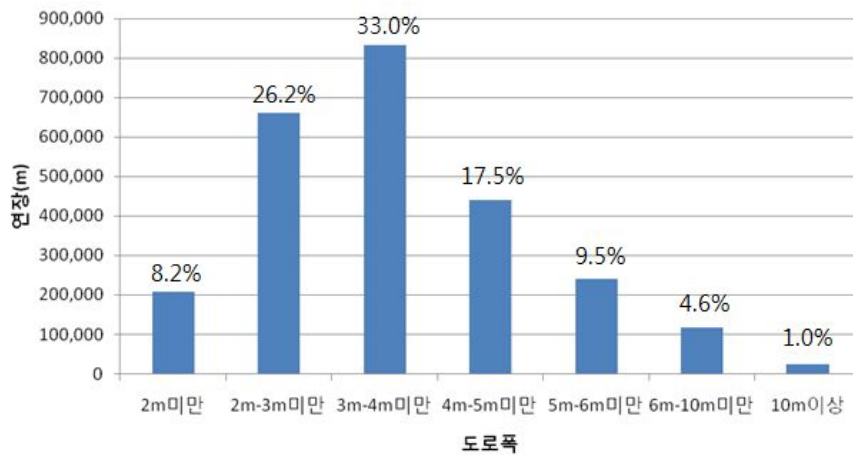


그림 2-5. 서울시 보도현황(폭원별, 2009년)

각 선택점에서 생성된 Isovist 폴리곤과 NVD 부분집합에 버퍼링된 폴리곤을 교차 연산하여 폴리곤을 생성하고 이와 교차하는 건물들을 해당 선택점의 최종 후보군으로 정한다. 최종 후보군은 선택점에서 가시권에 들어오는 건물들을 포함하며, 차원 축소 시 케이스 간 독립성을 최대한 확보해 준다. 또한, 차량용 도로망보다 밀도가 높은 보행자용 도로망의 모든 선택점에서 랜드마크를 이용한 길안내를 가능하게 한다.

2.3 건물 속성 변수 정의

본 연구는 건물의 특징을 나타내기 위해 건물의 기하학적 특성, 의미론적 특성을 수치화하고, 이를 지역적 변수와 전역적 변수로 나누어 계산한다. 먼저 건물의 기하학적, 의미론적 특성은 Elias(2003)가 제안한 속성들을 바탕으로 도로명주소 전자지도의 건물 레이어와 민간 POI 데이터를 활용해 수치화한다. 다음으로 지역적 변수는 랜드마크의 현출성을 나타내기 위한 변수로 주변 건물들과의 차이로 계산하며, 전역적 변수는 시각적 주의를 나타내기 위한 변수로 건물이 가지고 있는 고유의 특성으로 계산한다. 본 장에서는 건물의 기하학적, 의미론적 속성을 수치화하는 방법과 지역적, 전역적 변수를 계산하는 방법을 기술하고자 한다.

2.3.1 기하학적 특성

본 연구가 이용하는 건물의 데이터는 안전행정부가 매달 배포하는 도로명주소 전자지도의 건물 레이어이다. 이 데이터를 통해 건물의 기하학적 특성인 지상면적, 높이, 길이, 너비, 방향, 모서리의 수에 대한 변수를 도출할 수 있다. 지상면적은 건물 폴리곤의 넓이로 계산하였으며, 모서리의 수는 건물 폴리곤의 결절점의 수를 구하여 계산하였다. 높이의 경우, 정확한 수치가 제공되지 않아 한 층의 높이를 3m로 가정하고 지상층수(필드명 : GRO_FLO_CO) 필드에 3을 곱하여 높이로 정의하였다. 길이, 너비, 방향은 건물 폴리곤의 최소경계사각형을 만든 후[그림 2-6], 각각 장축, 단축, 장축의 방위각으로 정의하였다. 실험 지역의 최소경계사각형 결과는 그림 2-6과 같다.

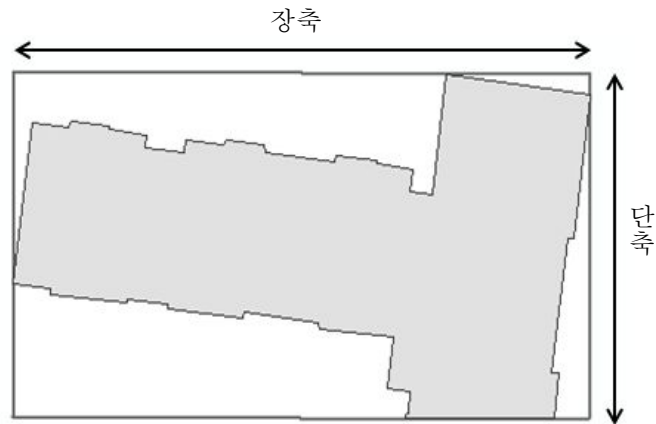


그림 2-6. 최소경계사각형 예시

2.3.2 의미론적 특성

본 연구에서 사용한 건물의 의미론적 특성은 건물의 POI(Point of Interest) 수와 후보군 내 같은 용도 건물의 수이다. 먼저 건물의 POI 수를 구하기 위해 이용한 POI 데이터는 CNS(Car Navigation System) 전자지도 상의 POI 정보이며, 건물 레이어와 POI 정보를 매칭하는 과정을 거쳐 POI 수를 속성으로 정의한다. 매칭을 위해서 이용하는 알고리즘은 김정옥 등(2009)이 제안한 방법이다. 그림 2-7은 해당 연구가 제안한 POI와 전자지도의 매칭 프로세스이다. 본 연구는 위치오차를 고려하여 Equal, Overlay, Semantic 매칭 결과만을 이용한다.

다음으로 후보군 내 같은 용도 건물의 수는 건물 레이어의 건물용도(필드명 : BDTYP_CD)코드를 이용하여 구한다. 건물용도를 수치화하기 위해서는 도로명주소 전자지도를 이용한 노건일 등(2011)이 이용한 min-max 표준화를 이용한다.

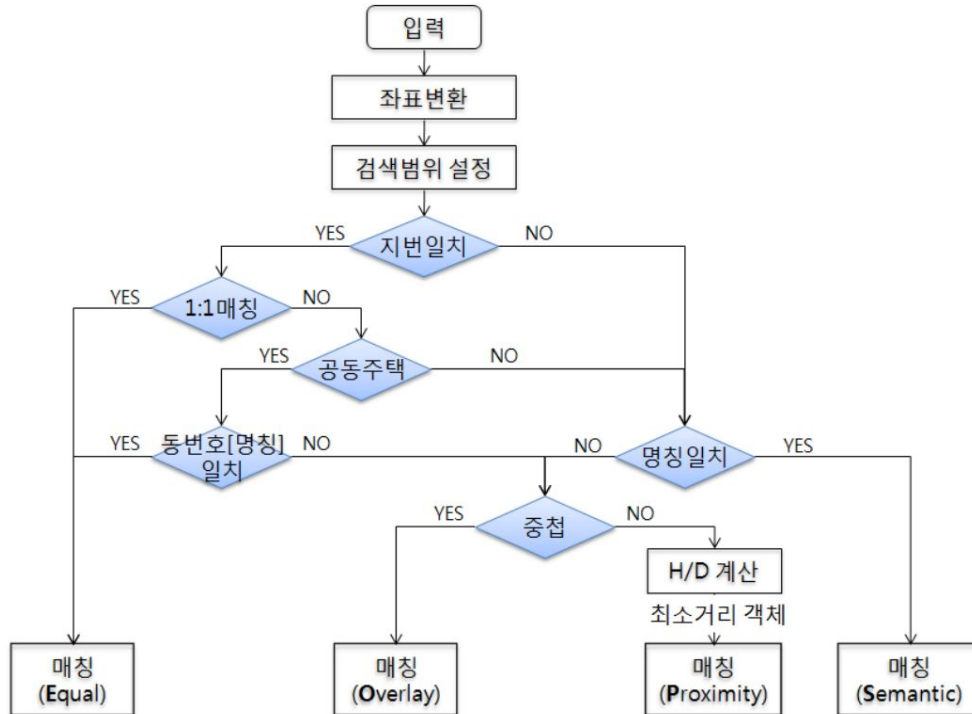


그림 2-7. 매칭 프로세스(김정옥 등, 2009)

2.3.3 지역적 변수와 전역적 변수의 계산

본 연구는 랜드마크를 추출하는 데 있어 건물의 현출성과 시각적 주의를 모두 고려하기 위하여 각각을 나타낼 수 있는 지역적 변수와 전역적 변수를 정의한다. 먼저 지역적 변수는 어떤 건물의 속성 값과 그 건물이 속하는 후보군 내 건물들의 속성 대푯값과의 차이로 정의된다. 한 후보군에 속하는 건물들의 속성을 대상으로 z-score 표준화 방식을 적용한 후 후보군의 중앙값을 대푯값으로 정한다. 최종적인 변수는 표준화된 속성 값과 대푯값과의 차이의 절댓값으로 계산한다. 의미론적 특성을 나타내는 지역적 변수는 min-max 표준화한 값을 이용한다. 다음으로 전역적 변수는 실험 지역 전체를 대상으로 z-score 표준화한 값으로 정의한다. 최종적으로 정의된 건물의 속성 변수는 표 2-2와 같다.

표 2-2. 건물 속성 변수

| 분류 | 변수 이름 | 정의 | 설명 |
|--------|-----------|-----------------------|---|
| 지역적 변수 | df_AREA | 건물 지상 면적 중앙값과의 차이 | 건물 폴리곤의 넓이를 후보군 내에서 표준화한 값과 중앙값과의 차이의 절댓값 |
| | df_HEIGHT | 건물 높이 중앙값과의 차이 | 건물 높이(건물 층수×3m)를 후보군 내에서 표준화한 값과 중앙값과의 차이의 절댓값 |
| | df_LONG | 건물 길이 중앙값과의 차이 | 최소경계사각형의 장축의 길이를 후보군 내에서 표준화한 값과 중앙값과의 차이의 절댓값 |
| | df_SHORT | 건물 너비 중앙값과의 차이 | 최소경계사각형의 단축의 길이를 후보군 내에서 표준화한 값과 중앙값과의 차이의 절댓값 |
| | df_ANGLE | 건물 방향 중앙값과의 차이 | 최소경계사각형 장축의 방위각을 후보군 내에서 표준화한 값과 중앙값과의 차이의 절댓값 |
| | df_VERTEX | 건물 모서리의 수 중앙값과의 차이 | 건물 폴리곤의 절점의 수를 후보군 내에서 표준화한 값과 중앙값과의 차이의 절댓값 |
| | a_TC | 같은 용도 건물의 수 | $a_{TC} = \frac{TC_{max} - TC}{TC_{max} - TC_{min}} = \frac{n - TC}{n - 1}$ 이 때, TC는 같은 용도 건물의 수, TC_{max} , TC_{min} 은 각각 주변 건물 TC의 최댓값과 최솟값, n은 주변 건물의 개수이다. |
| 전역적 변수 | ab_AREA | 건물의 지상 면적 | 건물 폴리곤의 넓이를 실험 지역 전체를 대상으로 표준화한 값 |
| | ab_HEIGHT | 건물의 높이 | 건물 높이(건물 층수×3m)를 실험 지역 전체를 대상으로 표준화한 값 |
| | ab_LONG | 평면상의 건물 길이 | 최소경계사각형의 장축의 길이를 실험 지역 전체를 대상으로 표준화한 값 |
| | ab_SHORT | 평면상의 건물 너비 | 최소경계사각형의 단축의 길이를 실험 지역 전체를 대상으로 표준화한 값 |
| | ab_VERTEX | 건물 모서리의 수 | 건물 폴리곤의 절점의 수를 실험 지역 전체를 대상으로 표준화한 값 |
| | st_POICo | 건물의 POI 수 | 건물 폴리곤과 매칭된 POI의 수를 실험 지역 전체를 대상으로 표준화한 값 |

2.4 속성 변수의 차원 축소

본 연구는 실세계에서의 현출성과 가상환경에서의 시각적 주의를 모두 고려하고 데이터 분석 및 최종 랜드마크 선정 과정에서 용이하게 랜드마크를 추출하기 위해 지역적 변수와 전역적 변수 각각을 대표할 수 있는 새로운 변수를 도출하고자 한다. 이를 위해 앞서 구한 속성 변수들의 차원을 축소하고자 하며, 그 방법으로 PCA를 이용하고자 한다. 본 연구에서는 PCA를 이용함으로써 두 가지 측면에서 선행연구의 단점을 극복할 수 있다. 첫 번째, 이용된 변수 간에 상관성(correlation)을 제거할 수 있다. 선행연구는 변수 간의 상관성을 고려하지 않거나, 변수들에 서로 다른 차원 축소 방법을 적용함으로써 일부 변수들의 상관성을 고려하지 않았다는 단점이 있다. 본 연구에서는 PCA를 이용하여 상관성이 제거된 새로운 주성분(Principal Component, 이하 PC)를 얻음으로써 건물의 특성에 대한 이해와 설명력을 높일 수 있다. 두 번째, 랜드마크 추출 과정에서 사용자의 개입을 최소화할 수 있다. 선행연구들은 사용자가 각 변수에 가중치를 부여하여 랜드마크를 추출하거나 통계 기법을 사용하는 데 파라미터를 입력하도록 했다. 본 연구는 PCA를 이용하여 가중치나 파라미터의 입력을 요하지 않음으로써 사용자의 개입을 최소화하고 자동으로 랜드마크를 추출할 수 있다는 데 장점이 있다. 이에 본 연구는 건물 데이터에 PCA를 적용하여 도출된 PC를 해석함으로써 데이터를 이해하고, 이후 PC를 새로운 변수로 하여 랜드마크를 추출하고자 한다.

PCA는 기존 변수들의 선형조합을 통해 데이터의 분산을 가장 극대화하는 새로운 변수를 만들어내는 다변량 통계기법이다. PCA는 여러 개($K \geq 2$)의 변수들 사이의 분산-공분산 관계를 이용하여 이 변수들의 선형조합으로 나타낼 수 있는 PC를 찾고 이 중에서 총 분산을 가장 많이 설명하는 $J(\leq K)$ 개의 PC로 전체 분산의 대부분을 설명하고자 한다. 따라서 PCA로 얻은 PC들을 통해 데이터를 이해하고 이들을 다른 기법에 적용해 데이터 해석을 용이하게 할 수 있다는 장점이 있다.

표준화된 데이터 행렬을 Z 라고 했을 때, 기존 변수의 선형조합을 통해 생성되는 새로운 변수(F_j)는 식 (2-4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$F_j = \sum_{k=1}^K a_{kj} Z_k = a_{1j} Z_1 + a_{2j} Z_2 + \cdots + a_{Kj} Z_K$$

$$\begin{bmatrix} f_{1j} \\ f_{2j} \\ \vdots \\ f_{nj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1K} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nK} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{1j} \\ a_{2j} \\ \vdots \\ a_{Kj} \end{bmatrix} \quad (2-4)$$

여기서, $Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1K} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nK} \end{bmatrix}$, n : 케이스의 개수

또한, 식 (2-4)를 행렬로 나타내면 식 (2-5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$F = Z \cdot A$$

$$\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1J} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \cdots & f_{nJ} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1J} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nJ} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1J} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nJ} \end{bmatrix} \quad (2-5)$$

식 (2-5)에서 A 는 전체 분산을 극대화하는 조건을 만족시키는 행렬이다. 즉, 데이터의 공분산 행렬을 R , F_j 의 분산을 식 (2-6)이라고 했을 때, A 를 찾는 문제는 식 (2-7)로 나타낼 수 있다.

$$\text{Var}(F_j) = \sum_{k=1}^K a_{kj}^2 + 2 \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=k+1}^K a_{kj} a_{lj} \rho_{kl}$$

$$= a_j^T R a_j \quad (2-6)$$

여기서, $R = \frac{1}{n} Z^T Z = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1K} \\ \rho_{21} & 1 & \cdots & \rho_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{K1} & \rho_{K2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$

$$\text{Max} \sim \text{Var}(F_j) = a_j^T R a_j \quad (2-7)$$

여기서, $\sum_{k=1}^K a_{kj}^2 = a_j^T a_j = 1$ (제약조건)

식 (2-7)을 풀기 위해 라그랑지 승수법을 이용한다. 라그랑지 함수 L 은 식 (2-8)과 같이 나타낼 수 있으며, 이를 편미분한 값을 0으로 두면 식 (2-9)가 유도되고, a_j 이 영벡터가 아닌 의미 있는 해를 갖기 위해서는 식 (2-10)이 성립해야 한다.

$$L = a_j^T R a_j = \lambda_j (a_j^T a_j - 1) \quad (2-8)$$

$$(R - \lambda_j I) a_j = 0 \quad (2-9)$$

$$|R - \lambda I| = 0 \quad (2-10)$$

식 (2-10)을 풀면 $\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_p$ 와 같은 J 개의 해를 구할 수 있고, 각각의 해는 공분산 행렬 R 의 고유치(eigenvalue)이며 동시에 a_j 는 λ_j 에 대응하는 길이 1의 고유벡터(eigenvector)가 된다.

2.5 최종 랜드마크 추출

최종 랜드마크는 모든 선택점에서 한 개 이상씩 추출되어야 한다. 이와 같은 가정을 만족시키기 위해 본 연구는 각 랜드마크 후보군에 속하는 건물들의 지역적 변수를 나타내는 주성분, 전역적 변수를 나타내는 주성분을 이용하여 가장 랜드마크로서의 가치가 큰 건물을 추출한다. 랜드마크를 추출하기 위해 지역적 변수와 전역적 변수를 나타내는 PC를 각각 x축, y축으로 하여 산점도를 그렸을 때, 한 후보군에 속하는 건물들 중 1사분면에 있는 건물은 지역적 변수 주성분과 전역적 변수 주성분이 모두 양인 값을 가지므로 이들 건물 중 원점으로부터 가장 먼 거리에 있는 건물을 랜드마크로 선정한다. 1사분면에 있는 건물이 없는 경우에는 두 주성분의 합이 가장 큰 건물을 랜드마크로 선정한다. 이러한 추출 과정을 통해 실세계에서 랜드마크와 주변 건물 간의 차이와 기기 화면 속 랜드마크의 시각적 주의 측면을 모두 고려한 랜드마크를 추출할 수 있다.

3. 실험 및 결과

3.1 실험 대상지역

본 연구의 실험 지역은 서울특별시 관악구의 일부 지역으로 면적은 약 1.2km×1.1km이다. 그림 3-1은 본 연구 실험 지역의 도로명주소 전자지도 건물 레이어와 보행자용 네트워크로, 대상 지역은 일반 주택과 아파트 단지, 상업 시설 등이 위치해 있어 도로폭, 건물의 특성 면에서 다양하다. 실험 지역 전체의 건물의 개수는 4,342개이다.

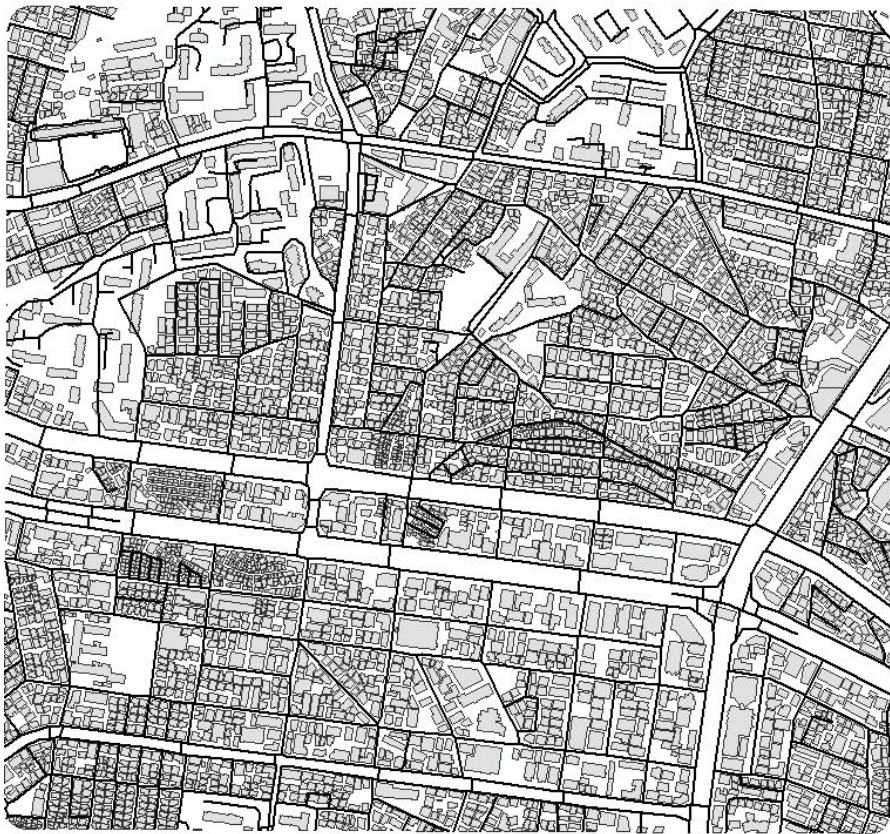


그림 3-1. 실험 대상지역

3.2 보행자를 위한 선택점 선정 실험 및 결과

3.2.1 선택점 선정을 위한 보행자용 도로망 전처리

본 연구에서는 실험 지역을 대상으로 보행교통시설물을 제거하는 전처리 과정을 거친다. 실험 지역에 있었던 횡단보도, 육교, 지하도 등을 제거한 이후의 실험 지역 보행자용 도로망의 형태는 그림 3-2와 같다.



그림 3-2. 전처리 후 실험지역

3.2.2 선택점 선정 결과

본 연구에서는 실험 지역을 대상으로 전처리 과정을 거친 후 선택점의 정의를 통해 선택점을 추출한다. 실험 지역을 대상으로 추출한 선택점의 개수는 총 528개이며, 이에 대한 결과는 그림 3-3과 같다. 모든 갈림길에서 선택점이 추출되었으며, 사거리 대로에서는 본 연구가 제안한대로 두 개의 링크가 만나는 노드가 선택점으로 선정되었다[그림 3-4]. 그림 3-5는 이면로에서 선정된 선택점이다.



그림 3-3. 전체 실험 지역에서 선정된 선택점



그림 3-4. 사거리 대로에서의 선택점 선정

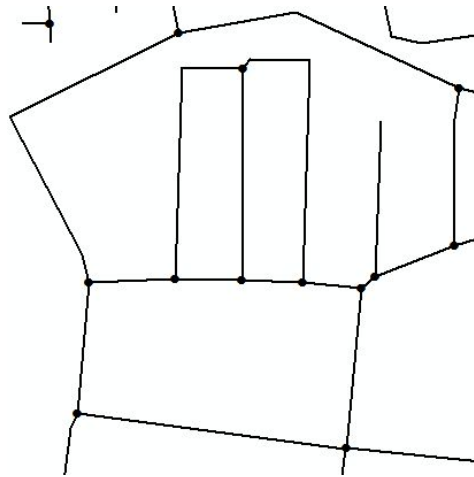


그림 3-5. 이면로에서의 선택점 선정

3.3 랜드마크 후보군 추출 실험 및 결과

3.3.1 Isovist 폴리곤

본 연구에서는 보행자 내비게이션이 이용되는 공간이 대부분 도심지임을 감안하여 가지거리를 50m로 설정하였다. 선택점에서 50m의 선을 0.1도 간격으로 360도를 돌려 Isovist를 만들었다. 실험지역의 Isovist 폴리곤 결과는 그림 3-6과 같다. 보행자용 도로망은 차량용 도로망에 비해 밀도가 높아 선택점 역시 밀도가 높고 Isovist 폴리곤의 중첩현상이 많이 일어남을 관찰할 수 있었다[그림 3-7]. 이러한 현상은 특히 건물이 작고 좁은 길이 많은 주택가에서 많이 나타났다.

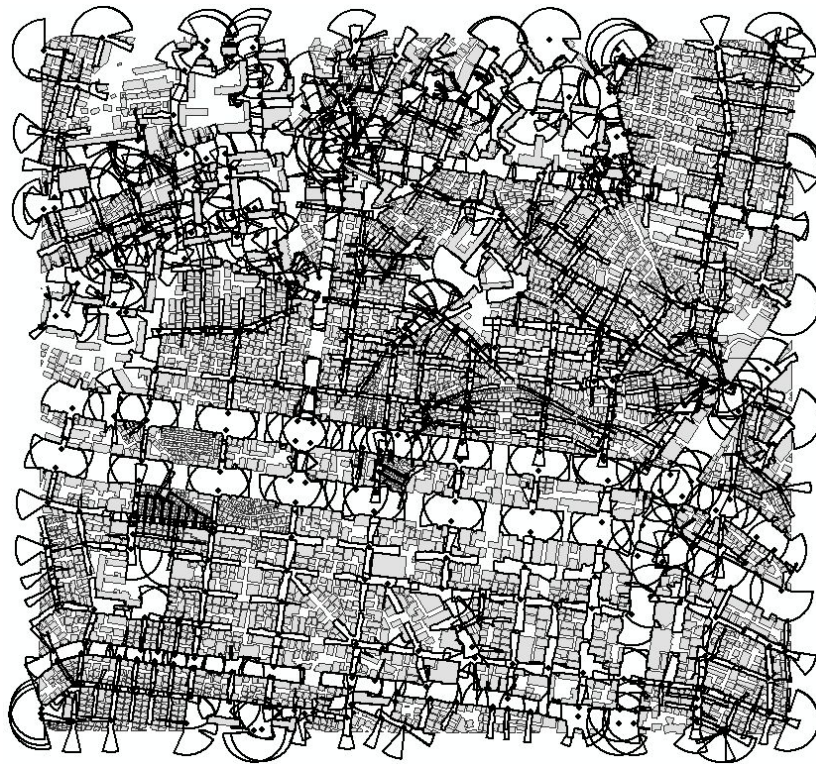


그림 3-6. 실험지역의 Isovist 폴리곤



그림 3-7. Isovist 폴리곤의 중첩현상

3.3.2 네트워크 보로노이 다이어그램(NVD)

Isovist 폴리곤의 중첩으로 인한 문제를 최소화하기 위해 본 연구에서는 NVD를 이용한다. NVD는 Okabe *et al.*(2008)이 개발한 SANET 4.1버전 툴을 이용하여 만들었다. 대상 네트워크는 실험지역의 보행자용 도로망이며, 생성점은 앞서 선정된 선택점으로 하여 실험하였다. 실험지역의 NVD 결과는 그림 3-8과 같다.

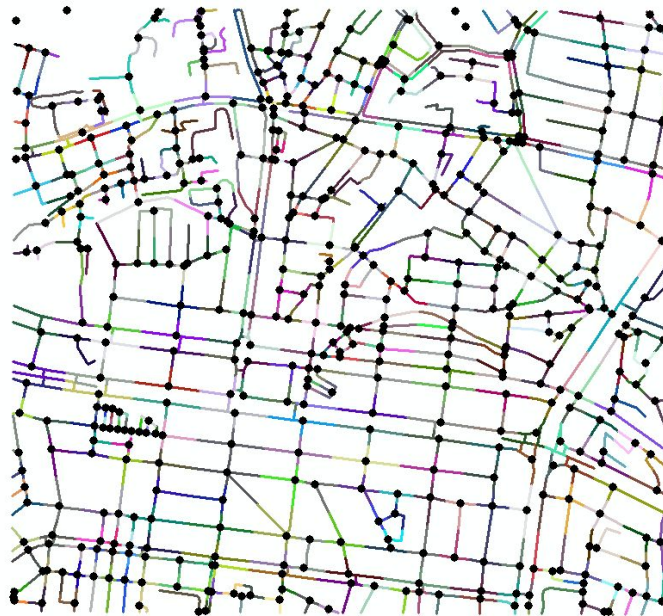


그림 3-8. 실험지역의 NVD결과

본 연구에서는 실험지역을 임의로 사각형 형태로 자름으로써 경계에서 일부 네트워크가 연결성을 가지지 못한다는 단점이 있다. 이러한 모서리 효과로 인해 NVD 실험 결과에서 경계에 있는 일부 네트워크의 NVD가 생성되지 않았다[그림 3-9]. 전체 네트워크 중 극히 일부분이어서 본 연구에서는 NVD 결과를 그대로 이용하나 이러한 문제가 많은 부분에서 발생할 경우 후보군 설정과 랜드마크 추출 결과가 왜곡될 수 있으므로 해결이 필요하다.

실험지역의 NVD에 12m 버퍼 연산을 함으로써 NVD후보군을 만든 결과는 그림 3-10과 같다.

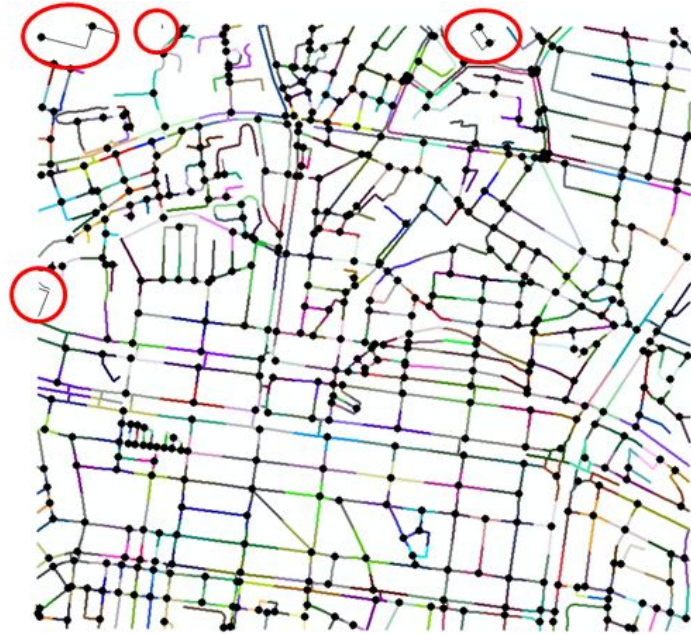


그림 3-9. NVD 오류 사례

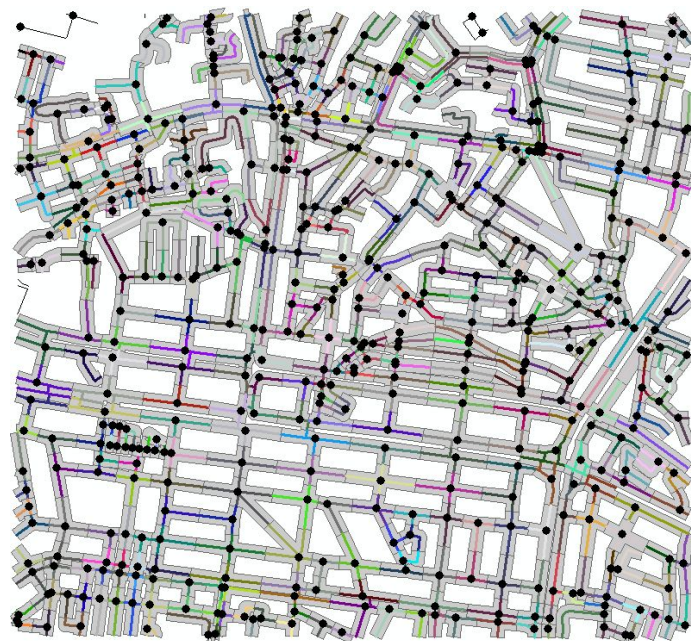


그림 3-10. 실험지역의 NVD 후보군

3.3.3 최종 후보군 추출

후보군은 각 선택점을 중심으로 Isovist 폴리곤과 NVD에 버퍼 연산을 한 폴리곤을 중첩하여 추출한다. 추출된 최종 후보군 결과는 그림 3-11과 같다. 실험 지역에서 생성된 후보군은 총 524개이다. 모서리 효과로 인하여 4개의 후보군이 생성되지 않았다.

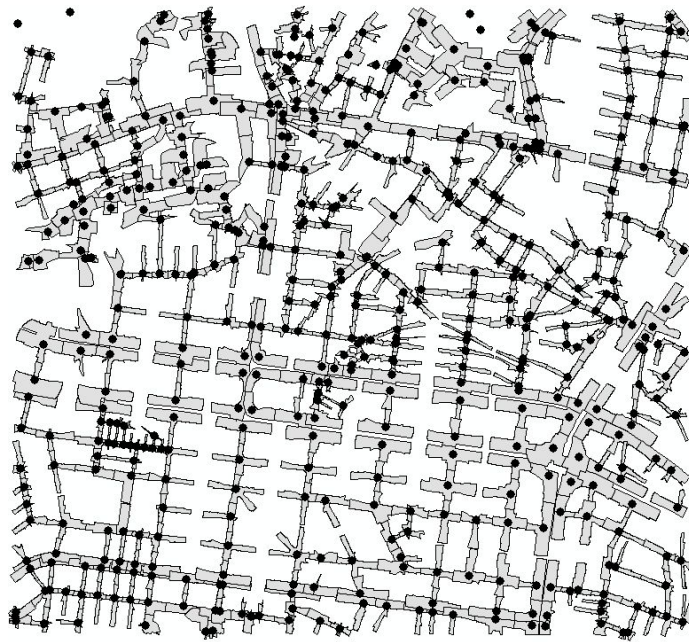


그림 3-11. 최종 후보군 결과

추출된 최종 후보군을 건물과 중첩시켜 건물의 후보군을 생성한다. 후보군에 속하는 건물은 전체 4,342개의 건물 중 2,607개의 건물이다. 보도와 이면로에서 나타나는 최종 후보군의 모습은 그림 3-12, 3-13과 같다. 건물이 두 개 이상의 후보군과 중첩하는 경우, 후보군과 만나는 건물 경계의 길이가 가장 긴 후보군에 속하도록 한다[그림 3-14]. 또한, 후보군과 만나는 건물 경계의 길이가 2.6m 이하인 경우에는 후보군에서 제외한다.



그림 3-12. 보도에서 나타나는 후보군과 건물



그림 3-13. 이면로에서 나타나는 후보군과 건물

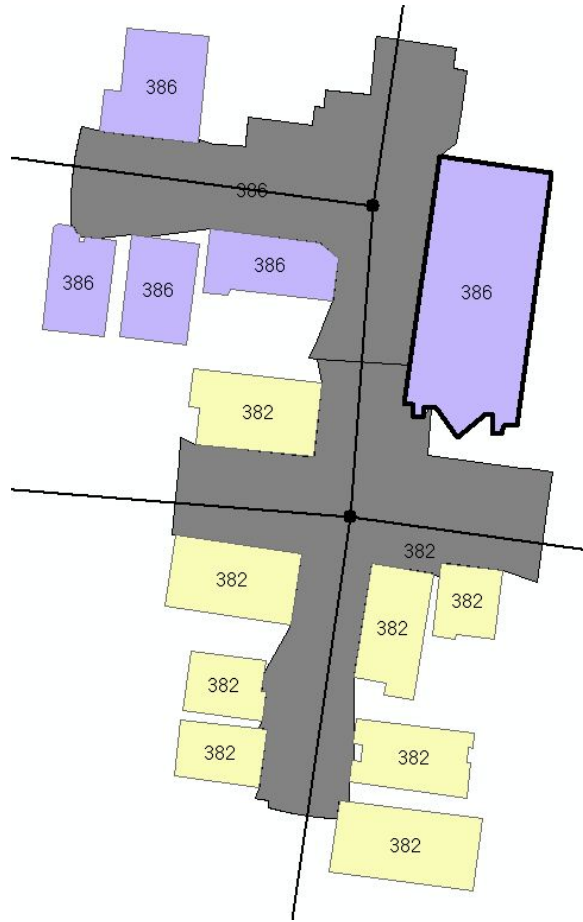


그림 3-14. 후보군 중첩 문제 시 후보군 결정(굵은 경계선 건물)

3.4 건물 속성 변수 정의 및 계산

건물의 기하학적 속성을 계산하기 위해 실험지역의 건물을 대상으로 최소 경계사각형을 생성한 결과는 그림 3-15이다.

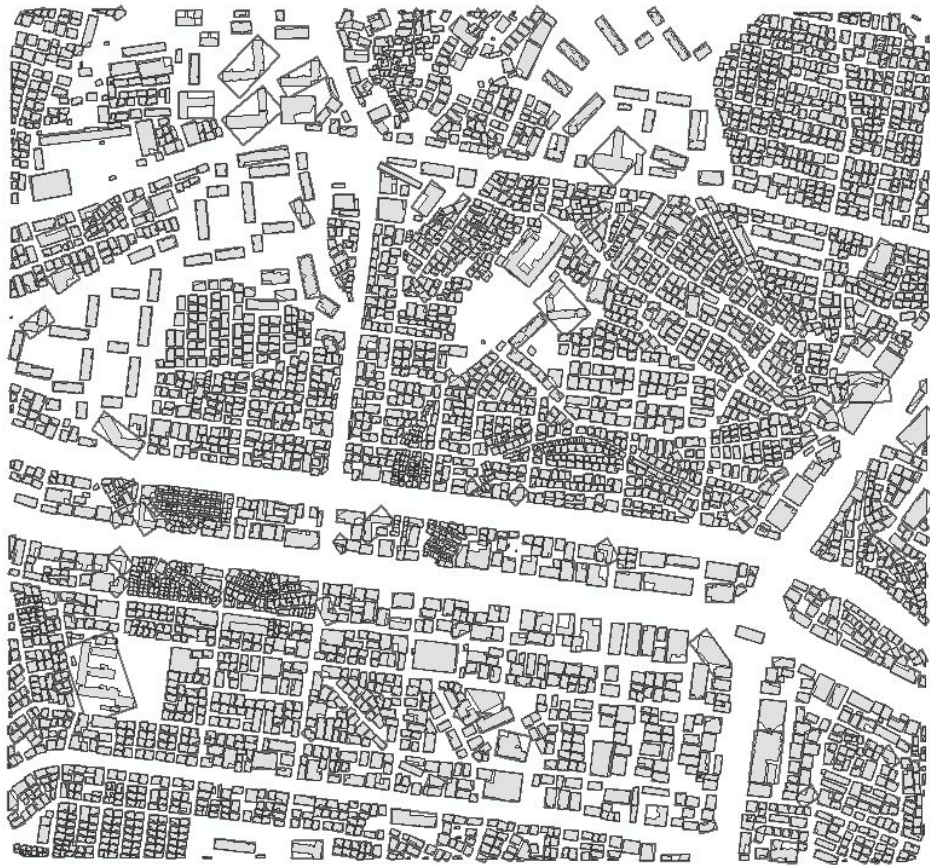


그림 3-15. 실험지역 전체의 최소경계사각형

표 3-1은 후보군에 속하는 2,607개의 건물에 대해 속성을 계산한 결과 중 일부를 나타낸다.

3.5 속성 변수의 차원 축소 실험 및 결과

3.5.1 PCA 결과

앞서 구한 변수들을 입력변수로 하여 PCA 실험을 하였다. 본 연구에서는 IBM의 SPSS Statistics 20으로 실험을 진행하였다. 2,607개의 케이스를 대상으로 실험한 PCA결과는 표 3-2, 표 3-3과 같다.

실험 결과 네 개의 주성분이 도출되었다. 4개의 주성분은 초기 13개의 변수의 변동(variation) 중 64.665%를 설명한다. 첫 번째 주성분은 ab_AREA, ab_SHORT, ab_LONG, st_POICo를, 두 번째 주성분은 df_AREA, df_SHORT, df_LONG, df_ANGLE를, 세 번째 주성분은 df_HEIGHT, a_TC, ab_HEIGHT, 네 번째 주성분은 df_VERTEX, ab_VERTEX를 가장 많이 적재한다. 따라서 각각의 주성분을 ‘전역적 특성을 나타내는 변수(PC1)’, ‘지역적 특성을 나타내는 변수(PC2)’, ‘건물용도의 특이성과 높이를 나타내는 변수(PC3)’, ‘모양의 특이성을 나타내는 변수(PC4)’로 정의할 수 있다.

표 3-2. 주성분 행렬

| | 성분 | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ab_AREA | .914 | .166 | .037 | .190 |
| ab_SHORT | .872 | .178 | .017 | .254 |
| ab_LONG | .865 | .144 | .098 | .222 |
| st_POICo | .643 | -.021 | .117 | -.387 |
| df_AREA | .175 | .899 | .112 | .116 |
| df_SHORT | .151 | .791 | .073 | .094 |
| df_LONG | .132 | .771 | .079 | .129 |
| df_ANGLE | -.020 | .185 | .019 | -.056 |
| df_HEIGHT | .046 | .213 | .772 | .064 |
| a_TC | .004 | .055 | .653 | .119 |
| ab_HEIGHT | .507 | -.026 | .582 | -.200 |
| df_VERTEX | .027 | .081 | .224 | .728 |
| ab_VERTEX | .446 | -.012 | -.098 | .723 |

표 3-3. 설명된 총 분산

| 성분 | 초기 고유값 | | | 추출 제곱합 적재값 | | | 회전 제곱합 적재값 | | |
|----|--------|--------|---------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| | 합계 | % 분산 | % 누적 | 합계 | % 분산 | % 누적 | 합계 | % 분산 | % 누적 |
| 1 | 4.125 | 31.733 | 31.733 | 4.125 | 31.733 | 31.733 | 3.287 | 25.287 | 25.287 |
| 2 | 1.828 | 14.058 | 45.791 | 1.828 | 14.058 | 45.791 | 2.197 | 16.898 | 42.185 |
| 3 | 1.341 | 10.319 | 56.110 | 1.341 | 10.319 | 56.110 | 1.469 | 11.303 | 53.488 |
| 4 | 1.112 | 8.554 | 64.665 | 1.112 | 8.554 | 64.665 | 1.453 | 11.176 | 64.665 |
| 5 | .988 | 7.603 | 72.268 | | | | | | |
| 6 | .854 | 6.571 | 78.839 | | | | | | |
| 7 | .750 | 5.768 | 84.606 | | | | | | |
| 8 | .613 | 4.718 | 89.325 | | | | | | |
| 9 | .510 | 3.921 | 93.246 | | | | | | |
| 10 | .416 | 3.200 | 96.446 | | | | | | |
| 11 | .211 | 1.621 | 98.066 | | | | | | |
| 12 | .190 | 1.458 | 99.524 | | | | | | |
| 13 | .062 | .476 | 100.000 | | | | | | |

3.5.2 PCA 결과 분석

각 주성분 결과의 지리적 분포를 시각적으로 표현한 결과는 다음과 같다. PC1의 지리적 분포를 보면, 대체로 건물의 크기가 크거나 긴 건물들이 큰 값을 보이며, 건물의 크기가 작은 건물들은 작은 값을 보인다[그림 3-16]. 세부적으로는 대로에 위치하여 많은 POI를 가지고 있는 상업용 건물을 비롯하여, 아파트 단지, 학교 건물이 높은 값을 보이고 도로와는 떨어진 일반 주택이 낮은 값을 보인다. 이러한 결과를 통해 PC1이 시각적 주의를 반영할 수 있는 변수임을 확인하였다. 그러나 PC1만을 이용해 랜드마크를 추출하였을 경우, 랜드마크의 분포가 불균일하다는 문제점이 발생할 수 있다. 대로 근처에서는 랜드마크가 밀집되어 추출되고, 주거지역과 같은 곳에서는 건물의 크기가 대부분 비슷해 랜드마크가 추출되지 않게 된다. 이러한 경우 길안내를 하기 어려울 수 있다는 문제점이 발생한다.

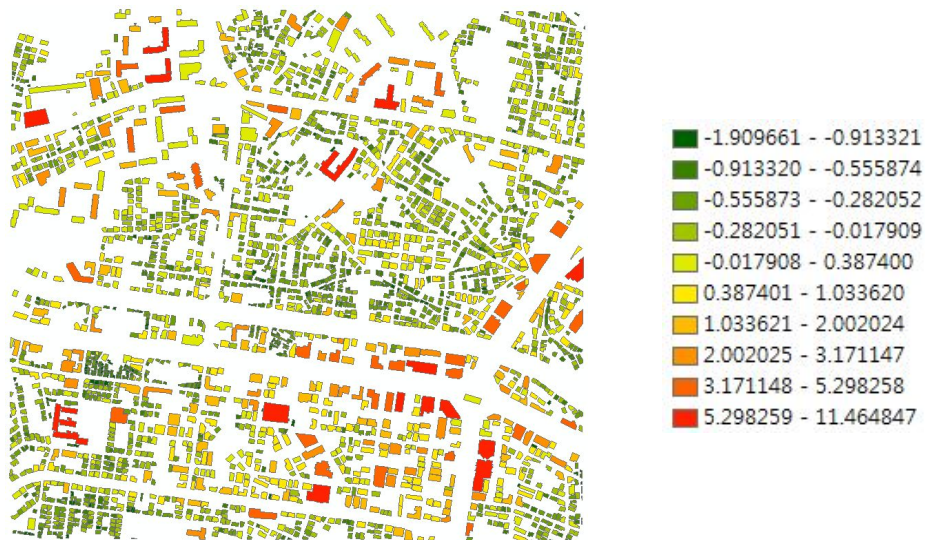


그림 3-16. PC1의 지리적 분포

PC2의 지리적 분포를 보면, PC1에서 높은 값을 가졌던 일부 값들이 낮은 값을 보인다[그림 3-17]. 특히 대로에 위치한 상업용 건물들의 경우, 크기가 크고 POI의 수가 많아 랜드마크로서의 가치가 높음에도 불구하고 주변에 다

른 건물들과 기하학적 특성이 유사하여 값이 높게 나오지 않았다. 이러한 결과를 통해 지역적인 수준에서 주변 건물과의 차이만을 변수로 했을 때는 이러한 건물들이 랜드마크로 추출되지 않을 수 있다는 문제가 생길 수 있음을 확인하였다. 반면, PC2는 지역적 변수를 나타내기 때문에 높은 값들이 비교적 균일하게 분포된 결과를 얻었다. 또한, PC2를 이용하여 주택지역과 같이 크기가 작은 건물들이 밀집한 지역에서도 주변의 다른 건물과 차이를 보이는 건물을 랜드마크로 정할 수 있음을 확인할 수 있었다.

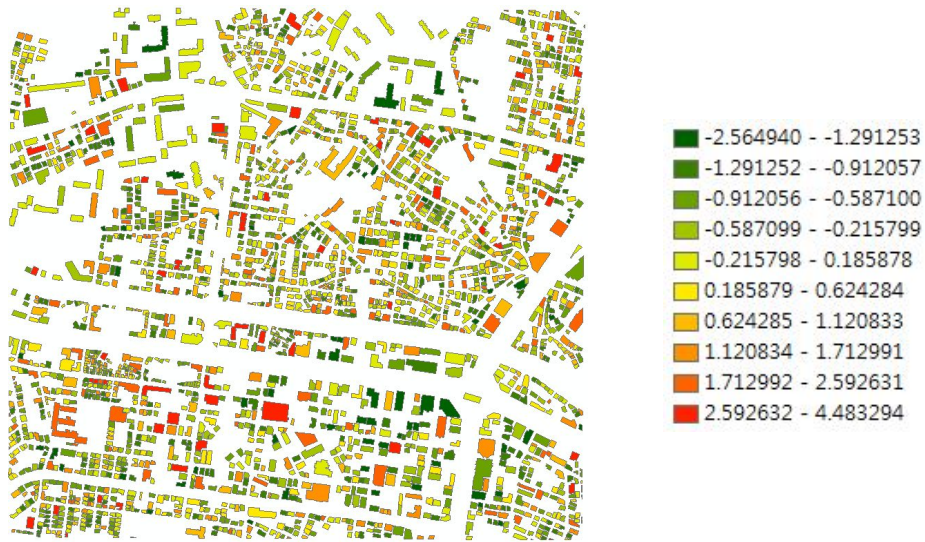


그림 3-17. PC2의 지리적 분포

PC3의 분포를 보면, 주변에 같은 용도를 가진 건물의 수가 적은 건물, 주변의 건물과 높이 차이가 많이 나는 건물들이 주로 높은 값을 보인다[그림 3-18]. PC4의 경우, 모서리의 수가 많은 건물이 높은 값을 보이고, 주변에 유사한 건물이 있는 경우 그 값이 낮아진다[그림 3-19]. 두 변수 모두 랜드마크의 가치를 나타내는 데 이용될 수 있으나 전역적 특성을 나타내는 ab_HEIGHT와 ab_VERTEX가 PC1에 적재되어 있으며, 지역적 특성을 나타내는 df_HEIGHT도 PC2에 적재되어 있으므로 분석의 용이성을 위해 PC1과 PC2만을 이용한다.

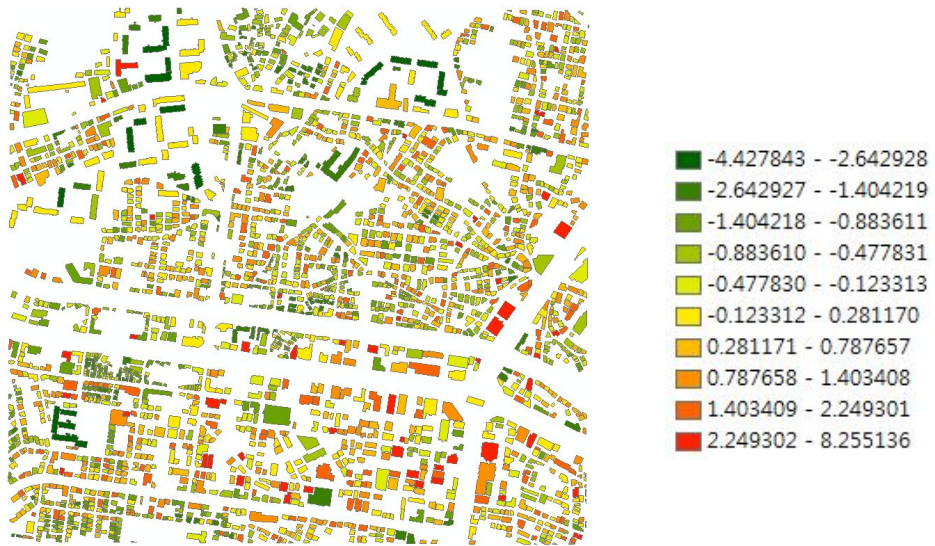


그림 3-18. PC3의 지리적 분포

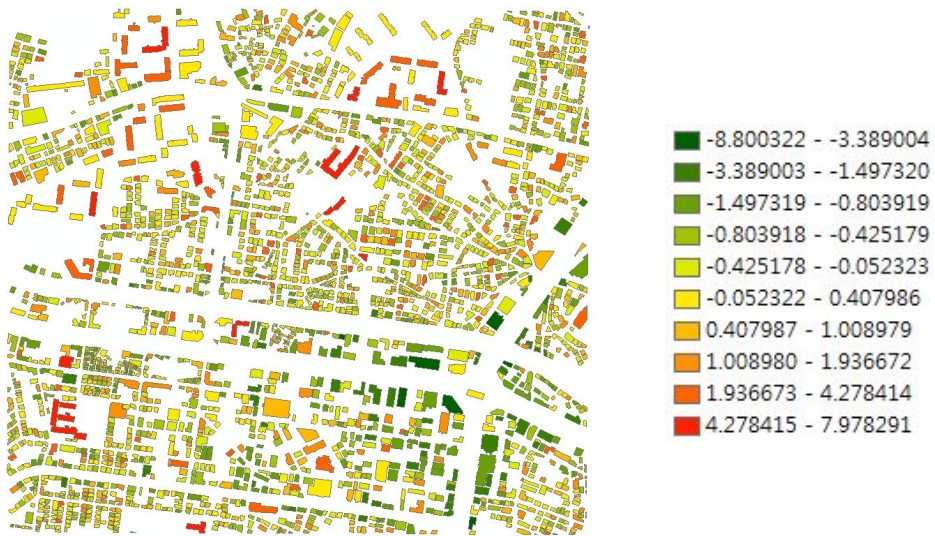


그림 3-19. PC4의 지리적 분포

3.6 최종 랜드마크 추출 결과

그림 3-20은 PC1을 x축, PC2를 y축으로 한 산점도이다. 산점도의 1사분면에 위치한 건물들은 전역적 특성과 지역적 특성을 나타내는 값이 모두 큰 경우로 랜드마크로 정의할 수 있다. 2사분면에 위치한 건물들의 전역적 특성은 작은 값을 보이나 상대적 특성은 큰 값을 보이고, 4사분면에 위치한 건물들의 지역적 특성은 작은 값을 보이나 전역적 특성은 큰 값을 보여 랜드마크로서의 가치를 지닌다고 할 수 있다. 반면, 3사분면에 위치한 건물들은 전역적 특성과 지역적 특성이 모두 작은 값을 보이므로 랜드마크로서의 가치가 작다고 할 수 있다.

본 연구에서는 각 선택점마다 위치 인식과 경로 안내에 도움이 되는 랜드마크가 한 개씩 있어야 한다는 가정 하에 각 후보군에서 랜드마크를 한 개씩 추출하고자 한다. 이를 위해서 같은 후보군에 속하는 건물들의 PC1과 PC2 값을 비교한다. 한 후보군 내에서 1사분면에 속하는 건물들이 있는 경우, 그 건물들 중 원점으로부터의 거리가 가장 먼 건물을 랜드마크로 선정한다. 한 후보군 내에서 1사분면에 속하는 건물이 없는 경우, PC1과 PC2의 합이 가장 큰 건물을 랜드마크로 선정한다.

예를 들어, 그림 3-21은 165번 후보군에 속하는 건물이며, 그림 3-22는 165번 후보군에 속하는 건물의 산점도를 나타낸다. 그림 3-22에서 1사분면에 4개의 건물이 있고, 이중 979번 건물이 원점에서 가장 멀리 떨어져 있으므로 165번 후보군에서는 979번 건물이 랜드마크가 된다.

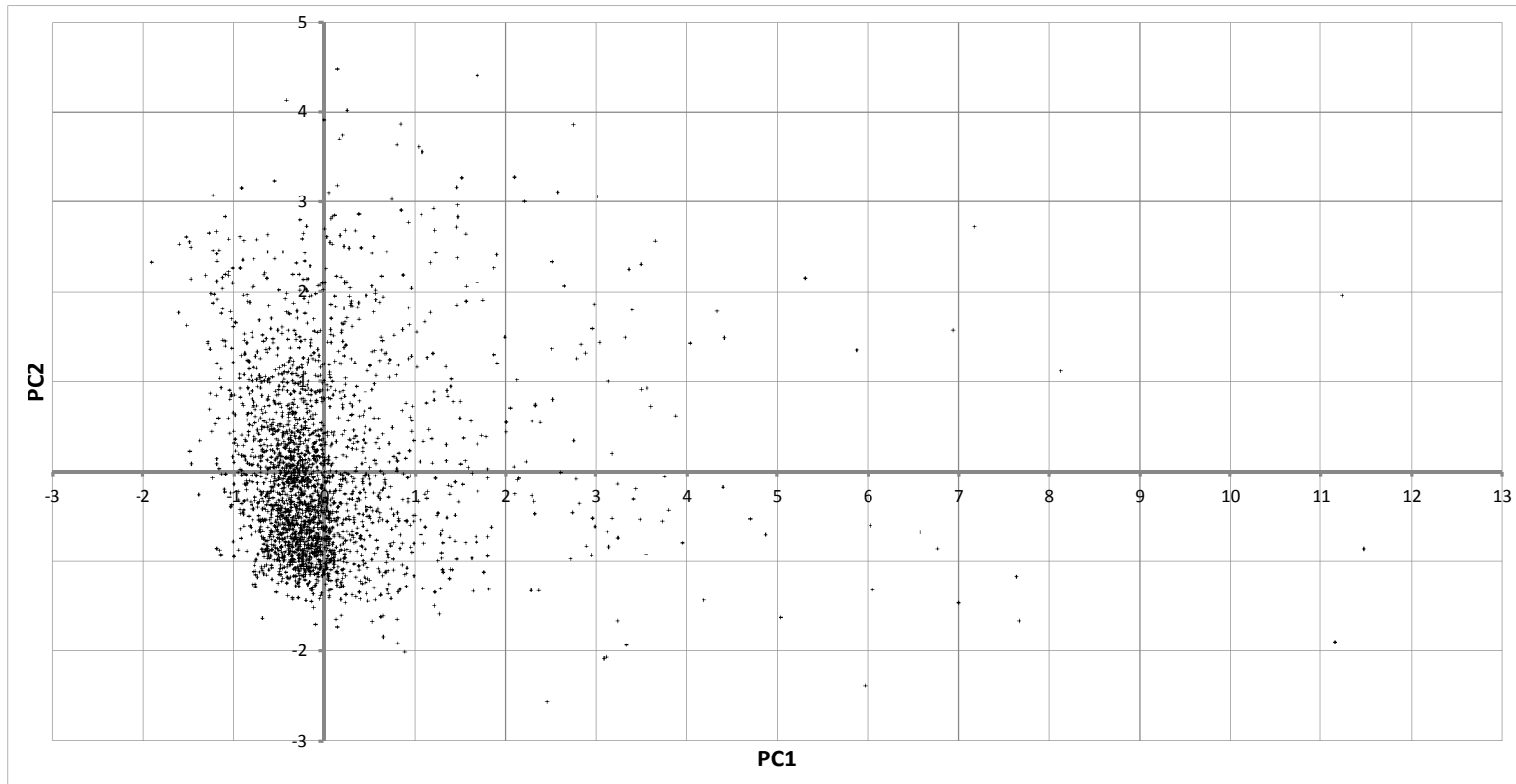


그림 3-20. PC1과 PC2의 산점도

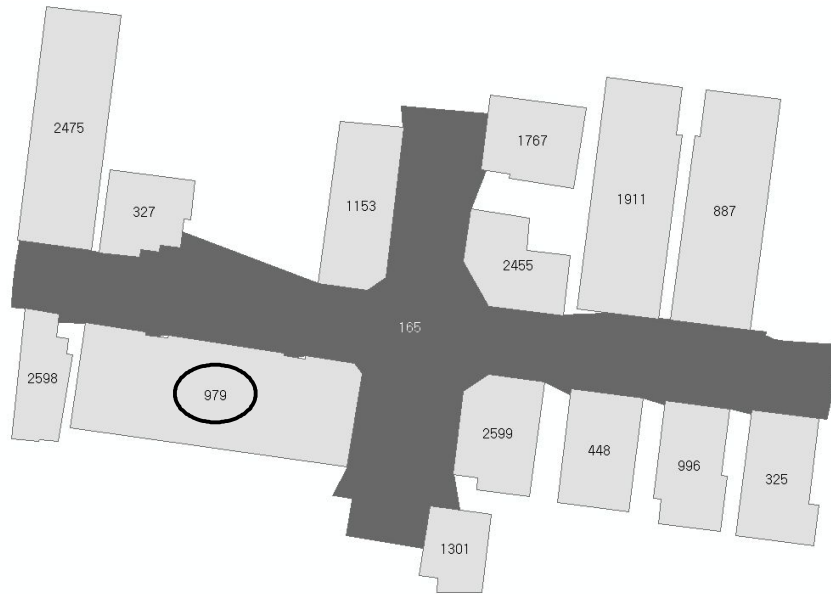


그림 3-21. 165번 랜드마크 후보군

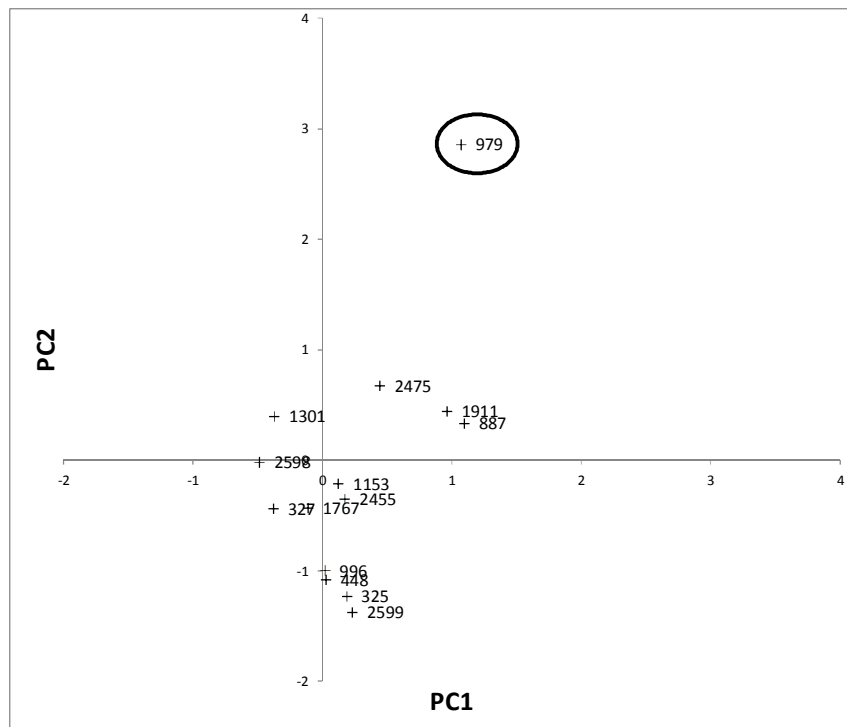


그림 3-22. 165번 랜드마크 후보군의 PC1, PC2 산점도

이와 같은 방식으로 전체 실험지역에 대해 랜드마크를 추출한 결과는 그림 3-23과 같다.



그림 3-23. 실험지역 전체에서 추출된 랜드마크

4. 평가

본 연구는 전역적 변수를 추가하고 NVD를 이용함으로써 보행자의 전체 경로에 대한 이해 및 길찾기 계획에 기여하고, 모든 지역에서 랜드마크를 이용한 길안내가 가능하도록 하였다. 먼저 전체 경로 및 공간에 대한 전역적 수준에서의 정보 전달 측면에서 본 연구의 랜드마크에 대한 평가는 국내에서 도보길찾기 서비스를 제공하고 있는 포털 사이트 네이버와 다음의 지도 레이블과의 비교를 통해 이루어진다. 평가를 위해 네이버와 다음 지도에서 공통적으로 레이블이 나타나는 건물은 전역적인 수준에서 랜드마크로서의 가치가 큰 건물이라 가정하고 비교하였다. 또한, 랜드마크를 이용한 길안내 측면에서의 랜드마크에 대한 평가는 네이버와 다음의 길안내 시 이용되는 랜드마크와의 비교를 통해 이루어진다. 본 연구, 네이버, 다음이 동일한 경로탐색 결과를 보이는 경로에 대하여 이용되는 랜드마크를 시각적으로 비교함으로써 정성적으로 비교하였다.

먼저 본 연구는 실험지역에서 추출된 랜드마크를 포털 사이트 지도에서 나타나는 레이블과 비교하였다. 비교 대상이 되는 포털 사이트 지도의 레벨은 14이다[표 4-1]. 레벨 14를 이용한 이유는 가장 상세한 수준의 레이블과 비교하기 위함이다. 실험지역에서 추출된 랜드마크의 개수는 총 486개이며 이중 실험지역 경계의 모서리 효과로 인해 건물의 형태가 완전하지 못하거나 후보군이 제대로 생성되지 않은 곳에서 추출되어 신뢰성이 떨어지는 랜드마크 24개를 제외하고, 462개의 랜드마크에 대하여 포털 사이트의 지도 레이블과 비교하였다.

표 4-1. 네이버 지도의 레벨(hello world, 2013)

| 레벨 | 지도 상 거리 | 실제 거리 |
|-----|---------|----------|
| 14 | 1pixel | 0.25m |
| 13 | 1pixel | 0.50m |
| 12 | 1pixel | 1.00m |
| 11 | 1pixel | 2.00m |
| 10 | 1pixel | 4.00m |
| ... | ... | ... |
| 1 | 1pixel | 2048.00m |

추출된 랜드마크와 포털 사이트 지도 레이블을 비교한 결과는 표 4-2와 같다. 먼저 본 연구, 네이버, 다음에서의 랜드마크 여부에 따라 462개의 랜드마크를 A, B, C, D 그룹으로 분류하였다. 본 연구에서 추출된 랜드마크에 대해 네이버와 다음에서 모두 레이블이 나타난 경우 A 그룹, 네이버에서만 레이블이 나타난 경우 B 그룹, 다음에서만 레이블이 나타난 경우 C 그룹, 네이버와 다음에서 모두 레이블이 나타나지 않은 경우 D 그룹으로 나누어진다. E 그룹은 본 연구의 알고리즘으로 추출된 랜드마크는 아니지만 네이버와 다음에서 모두 레이블이 있는 건물이다. 실험 지역에서 네이버와 다음이 모두 레이블을 표현하는 건물의 개수(A+E)는 218개(100%)이며, 이중 본 연구의 알고리즘으로 추출해낸 랜드마크는 132개(60.3%), 추출하지 못한 랜드마크의 개수는 87개(39.7%)이다. 본 연구의 알고리즘으로 추출한 랜드마크의 개수(A+B+C+D)는 462(100%)개이며, 이중 234개(50.6%)는 네이버와 다음에서도 레이블이 나타나는 건물이며, 228개(49.4%)는 레이블이 나타나지 않는 건물이다.

표 4-2. 포털 사이트 지도 서비스 레이블과의 비교 결과

| | 분류 | 본 연구 | 네이버 | 다음 | 개수 |
|------------|----|------|-----|----|-----|
| 랜드마크 여부 | A | o | o | o | 132 |
| | B | o | o | x | 38 |
| | C | o | x | o | 64 |
| | D | o | x | x | 228 |
| | E | x | o | o | 87 |
| 합계 | | | | | 549 |

네이버, 다음 지도에서 레이블이 나타나는 건물이 전역적인 랜드마크라고 가정하였을 때, 추출한 랜드마크 중 A, B, C군은 랜드마크로서의 가치가 있는 건물로 전역적 변수가 제대로 기능했음을 보여준다. 그러나 E군의 경우 전역적 수준에서 중요한 랜드마크임에도 본 연구에서 추출되지 않은 경우로 이에 대한 분석이 필요하다.

먼저 E군에 속하는 건물은 그림 4-1과 같다. 본 연구에서는 각 선택점에서 한 개의 랜드마크를 추출하기 때문에 후보군 내에서 가장 랜드마크적 성향을 가지는 건물 외에 다른 건물들은 랜드마크로 추출되지 않는다. 예를 들어, 그

림 4-2를 보면 선택점 390번에서 랜드마크로 추출된 건물은 1155번이며, 1113번 건물은 E군에 속하는 건물이다. 표 4-3에서와 같이 1113번 건물의 전역적 특성은 1155번 보다 작으며 랜드마크로서의 가치도 더 작아 랜드마크로 추출되지 않았다. 그러나 이러한 경우는 랜드마크를 후보군에서 하나씩만 추출하는 조건으로 인해 생긴 문제이며 E군에 속한 87개의 케이스 중 62개의 케이스는 PC1이 0이상이기 때문에 전역적 변수의 성능 문제가 아니라고 판단된다. 또한, 선택점에서 여러 개의 랜드마크가 추출되도록 하는 방식으로 개선할 수 있을 것이다.

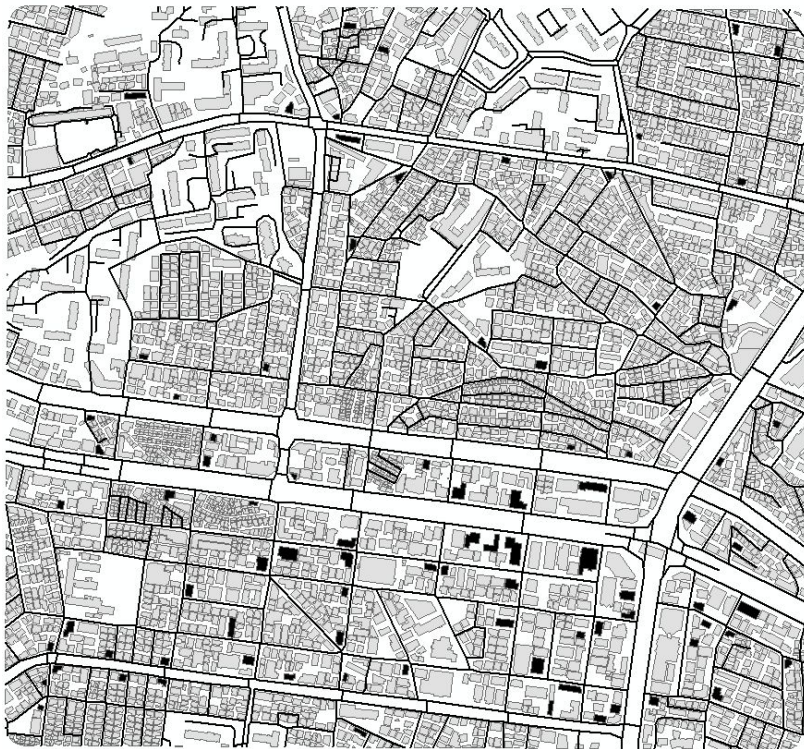


그림 4-1. E군에 속하는 건물

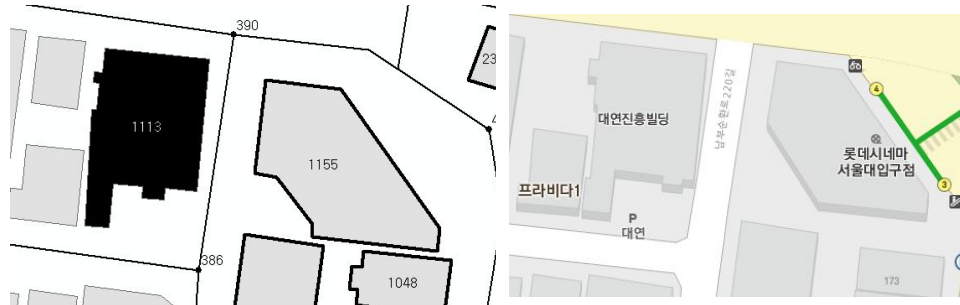


그림 4-2. 후보군 안에서 랜드마크의 특성 면에서 더 우수한 다른 건물이 있는 경우

표 4-3. 1155, 1113번 건물 특성

| 건물 번호 | PC1 | PC2 | 랜드마크 여부 |
|-------|-----------|-----------|---------|
| 1155 | 11.151117 | -1.89521 | o |
| 1113 | 5.961861 | -2.381104 | x |

D군의 경우는 본 연구가 모든 선택점에서 한 개씩 랜드마크를 추출하였기 때문에 전역적 수준에서는 중요하지 않으나 지역적 수준에서 중요한 랜드마크로 추출된 경우로 판단된다. 본 연구에서는 모든 선택점에서 랜드마크를 추출하였기에 D군에 속하는 랜드마크가 생겼으며, 이에 대한 평가는 포털 사이트의 경로안내에서 이용되는 랜드마크와 비교함으로써 정성적으로 평가하도록 한다.

다음으로 랜드마크를 이용한 길안내 측면에서의 평가를 위해 상세 경로 안내에서 이용될 본 연구의 랜드마크와 네이버, 다음이 제공하는 랜드마크를 정성적으로 비교하고자 한다. 이를 위해 본 연구와 포털 사이트의 경로 탐색 결과가 같은 경로를 선정한 후, 본 연구의 랜드마크와 포털 사이트가 길안내에 이용하는 랜드마크를 시각적으로 비교하였다. 본 연구의 랜드마크는 경로에 위치한 선택점에서 추출된 랜드마크를 나타내며, 포털 사이트는 POI를 이용하여 길안내를 하므로 해당 POI가 위치한 건물을 랜드마크로 가정하였다. 실험 지역 내에서 대로와 이면로 주변을 대상으로 20개의 경로를 임의로 추출하였으며, 15개 경로의 실험 결과는 부록 B와 같다. 본 절에서는 5개 경로 케이스에 대해 비교한 결과를 기술하고자 한다. 표 4-4는 5개 경로의 출발지

와 목적지의 좌표이다.

표 4-4. 5개 경로 탐색 실험 출발지와 목적지(UTM-K 좌표계)

| 경로 | 출발지(m) | | 목적지(m) | |
|------|------------|-------------|------------|-------------|
| | x | y | x | y |
| 경로1 | 951486.14 | 1942312.298 | 951125.314 | 1942455.121 |
| 경로2 | 951443.733 | 1942783.935 | 951662.015 | 1942679.556 |
| 경로4 | 950986.093 | 1942071.045 | 950915.396 | 1942195.717 |
| 경로5 | 951337.847 | 1942030.757 | 951253.18 | 1942127.859 |
| 경로16 | 951249.283 | 1942875.28 | 951163.558 | 1942656.601 |

먼저 그림 4-3은 주택가에서의 임의의 경로에 대해 본 연구, 네이버, 다음이 이용하는 랜드마크를 나타낸 그림이다. 이를 시각적으로 분석해보았을 때, 본 연구에서는 모든 선택점에서 랜드마크를 선정하여 랜드마크를 이용한 길안내가 가능하나 포털 사이트 지도에서는 방향이 바뀌는 선택점임에도 랜드마크가 추출되지 않는 경우가 있다는 점을 확인할 수 있다[그림 4-3(c)]. 그림 4-4에서도 이와 같은 현상을 관찰할 수 있다. 그림 4-4(b), 4-4(c)는 경로안내의 마지막 방향 전환에 대해 랜드마크를 이용하여 안내할 수 없다. 이러한 두 경로 안내에서 알 수 있듯이 포털 사이트의 길안내 서비스에서는 일부 선택점에서 랜드마크를 이용한 길안내를 할 수 없다. 그러나 본 연구에서는 모든 선택점에서 랜드마크를 추출하였으므로 본 연구의 알고리즘을 통해 랜드마크를 이용한 길안내가 가능하며, 실제 경로 탐색 결과를 통해 이를 확인하였다.

또한, 그림 4-5와 4-7의 경우 포털 사이트의 랜드마크는 실세계에서의 현출성이 작고 가상환경에서의 시각적 주의를 끌지 못하는 랜드마크이다. 예를 들어, 그림 4-6은 경로 4에서 첫 번째 선택점 직전의 로드뷰인데 네이버에서 랜드마크로 선정한 ‘새터공인중개사’ 보다 본 연구에서 랜드마크로 추출된 반석교회가 랜드마크로서 더 가치가 있는 건물이라고 할 수 있다. 그림 4-7(a)에서 동그라미로 표시된 랜드마크는 ‘신봉초등학교’로 보행자에게 실세계 및 가상환경에서 랜드마크로서 길을 찾는 데 도움을 줄 수 있음에도 포털 사이트의 경로 안내에서는 이용되지 않았다. 이러한 예시를 통해, 포털 사이트가 방향 전환이 일어나는 모서리에 붙어 있는 건물만을 이용하여 길안내하는 것

과 달리 본 연구는 전역적 변수를 이용함으로써 전체 경로 및 공간에 대한 전역적 수준에서의 정보 전달 측면에서 유리함을 알 수 있다.



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 4-3. 경로 2에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

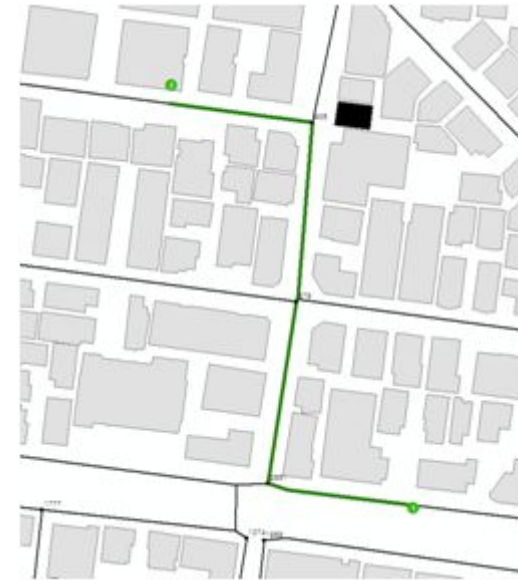
그림 4-4. 경로 5에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 4-5 경로 4에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



그림 4-6 경로 4의 첫 번째 선택점 전의 다음 로드뷰(2013년 3월)

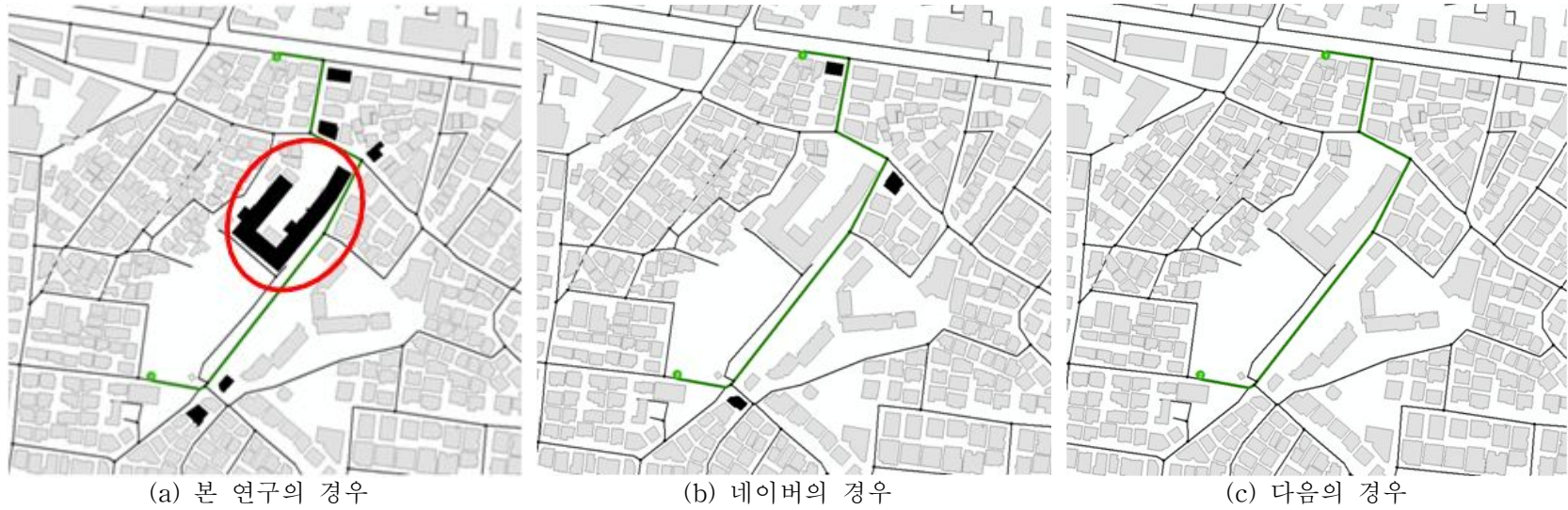


그림 4-7 경로 16에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크

그러나 일부 경로 안내에서는 본 연구가 포털 사이트의 경로 안내에 비해 한계를 가지는 부분이 있었다. 그림 4-8은 경로 1을 안내하는 데 이용되는 랜드마크 그림으로 그림 4-8(a)에서 동그라미로 표시된 부분은 경로 1에서 나타나는 첫 번째 선택점과 해당 선택점에서 추출된 랜드마크이다. 그러나 이 경우 보행자가 해당 선택점에 다다르기 전까지 랜드마크가 눈에 띄지 않을 수 있으며, 네이버와 다음에서 안내하는 랜드마크가 방향 전환을 결정하는 데 더 도움이 될 것으로 예상된다. 이와 같이 본 연구에서 추출된 랜드마크를 이용하여 경로 안내를 할 때에 일부 경로에서 적절한 안내를 받지 못할 수 있다는 한계가 존재한다. 특히, 랜드마크가 선택점으로부터 멀리 떨어져 추출된 경우에 이러한 한계가 부각될 수 있다.



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 4-8. 경로1에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크

5. 결론

최근 정보통신기술의 발달로 보행자 내비게이션에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 보행자 내비게이션 시스템을 구축하기 위한 노력으로 기 구축된 공간정보를 활용하여 보행자 내비게이션 시스템에 필요한 전자지도 데이터베이스를 생성하려는 연구가 진행되어 왔다. 한편, 보행자 내비게이션 시스템을 완성하기 위해서는 경로 안내에 대한 연구가 필요하며, 보행자의 고유한 특성 때문에 보행자에게 길안내할 때는 랜드마크를 이용할 필요가 있다.

본 연구는 보행자 내비게이션 시스템에서 랜드마크를 이용하여 길안내하기 위한 기초 연구로서 기 구축된 공간정보를 이용하여 랜드마크를 추출하였다. 랜드마크를 추출하기 위한 프로세스는 보행자를 위한 선택점 선정, 랜드마크 후보군 추출, 건물 속성 변수 정의, 속성 변수의 차원 축소, 결과 분석 및 랜드마크 추출의 단계로 이루어진다.

먼저 보행자를 위한 선택점은 보행자가 방향 전환을 하게 되는 노드로, ‘3개 이상의 링크와 만나는 노드’와 ‘교차로 근처에서 2개 이상의 링크와 만나는 노드’를 선택점으로 선정하였다. 다음으로, 랜드마크 후보군을 추출하기 위해 Isovist 폴리곤과 NVD를 이용하였다. 기존에 이용되던 Isovist 폴리곤과 함께 네트워크를 분할하는 NVD를 이용함으로써 네트워크의 연결성, 건물 케이스 간의 독립성을 고려할 수 있었으며, Isovist만을 이용했을 때 발생하는 한계를 극복할 수 있었다. 이후, 실세계에서 주변 건물들과의 차이를 나타내는 현출성과 전자기기 화면 속에서의 시각적 주의를 모두 고려할 수 있는 지역적 변수, 전역적 변수를 정의하였다. 지역적 변수는 후보군 내의 다른 건물과의 차이를 나타내는 변수이며, 전역적 변수는 건물 고유의 특성을 나타내는 변수이다. 본 연구는 지역적 변수와 전역적 변수를 모두 고려하여 랜드마크를 추출하기 위해 각각의 변수들을 대표할 수 있는 새로운 변수를 추출하고자 PCA를 적용하였다. 또한, 지역적 변수와 전역적 변수를 나타내는 PC를 활용하여 랜드마크를 추출하였다.

제안한 알고리즘을 관악구 일부 지역에 적용하였으며, 실험 결과를 국내 포털사이트 네이버와 다음의 지도 레이블, 경로 탐색 결과에서 이용되는 랜드마크와 비교하여 평가하였다. 먼저 네이버와 다음 지도에서 레이블이 공통

적으로 나타나는 건물을 전역적 랜드마크라 가정하고 본 연구의 랜드마크와 비교하였다. 본 연구에서 이용된 전역적 변수를 통해 60.3%의 정확도로 전역적 랜드마크를 추출하였으며, 일부 전역적 랜드마크가 추출되지 않은 이유는 본 연구가 각 선택점에서 한 개의 랜드마크를 추출하였기 때문이다.

다음으로 본 연구, 네이버, 다음의 경로 탐색 결과가 동일한 경로에서 안내에 이용되는 랜드마크를 비교하였다. 이를 통해 본 연구에서 NVD의 이용으로 모든 지역에서 랜드마크를 이용한 길안내를 할 수 있음을 확인하였다. 또한, 포털 사이트가 일부 경로 안내에서 현출성과 시각적 주의를 고려하지 않은 랜드마크를 이용했다는 한계를 본 연구의 알고리즘을 통해 극복할 수 있음을 확인하였다. 종합하면, 본 연구의 결과는 모든 지역에서 랜드마크를 추출하고, 현출성과 시각적 주의를 고려한 랜드마크를 추출함으로써 보행자가 전체 경로 및 공간에 대해 이해하는 데 기여할 수 있다.

그러나 본 연구에서 추출된 일부 랜드마크는 선택점으로부터 멀리 떨어진 곳에서도 추출되어, 보행자가 선택점에 도달한 이후에야 랜드마크가 시야에 들어올 수 있다는 단점이 있다. 이러한 경우 보행자가 방향 전환을 하는 데 적절한 안내를 하지 못할 수 있다는 문제가 있다. 이는 향후 경로에 따른 랜드마크 추출 연구를 통해 해결될 필요가 있다.

결론적으로 본 연구의 결과는 향후 보행자 내비게이션에서 랜드마크를 이용한 길안내에 이용될 수 있을 것으로 기대된다. 다만 실용화되기 위해 길안내의 언어적 구조 및 추출된 경로와 랜드마크를 이용한 길안내에 대한 연구가 필요할 것으로 예상된다. 또한, 본 연구는 경로 상에 위치한 모든 선택점의 랜드마크를 이용하였으나 보행자의 인지용량 제한 문제를 고려하여 실제 내비게이션에서는 길안내에 이용될 랜드마크를 선정하는 연구도 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

네이버, 2013, 네이버지도공식블로그,

http://blog.naver.com/naver_map?Redirect=Log&logNo=10114628830 (접속일 : 2013년 11월 25일).

다음, 2013, Daum 지도,

<http://blog.daum.net/daummaps/313> (접속일 : 2013년 11월 25일).

서울통계, 2009, 보도현황(폭원별), 서울특별시.

안전행정부, 2013, 생활공감지도,

<http://www.gmap.go.kr/tcportal/> (접속일 : 2013년 11월 25일).

esa, 2013, navipedia,

http://www.navipedia.net/index.php/Pedestrian_Navigation (접속일 : 2013년 11월 25일).

Google, 2013, Google maps,

<https://www.google.com/maps/preview> (접속일 : 2013년 11월 25일).

Garmin, 2013, Garmin,

<http://www.garmin.com/en-US> (접속일 : 2013년 11월 25일).

김지호, 부수현, 이우철, 김재휘, 2007, 광고의 크기와 위치, 부분 겹침 단서가 소비자의 시각행동에 미치는 영향 : 아이트래커를 활용하여, 한국소비자광고심리학회지, 제8권, 3호, pp. 399-422.

김정옥, 허용, 이원희, 2009, 공간정보 플랫폼 구축을 위한 전자지도와 POI 정보의 매칭 방법, 한국지형공간정보학회지, 제17권, 제4호, pp. 23-29.

노건일, 김지영, 유기윤, 2011, 보행자 내비게이션 시스템을 위한 랜드마크 추출 방법, 한국측량학회지, 제29권 제4호, pp. 413-420.

- 박범섭, 2013, 속성정보를 이용한 보행자용 도로망 선형 단순화 및 표준에 따른 수정 기법 연구, 서울대학교 공학석사 학위논문.
- 전범석, Guldmann, J. M., 서원석, 2011, GIS 를 이용한 다차원 Isovist 시지각 특성이 도심 상업용부동산 가치에 미치는 영향 연구. 서울도시연구, 제12권, 제3호, pp. 17-32.
- 조성익, 김경호, 주인학, 박정호, 채기주, 이승용, 2007, 차세대 내비게이션 기술 현황 및 전망, ETRI 전자통신동향분석, 제22권, 제3호, pp. 12-19.
- Benedikt, M. L., 1979 To take hold of space: isovists and isovist fields. *Environment and Planning B*, Vol. 6, No. 1, pp. 47-65.
- Caduff, D., and Timpf, S., 2008, On the assessment of landmark salience for human navigation, *Cognitive processing*, Vol. 9, No. 4, pp. 249-267.
- Davis, L. S., & Benedikt, M. L., 1979, Computational models of space: Isovists and isovist fields. *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 11, No. 1, pp. 49-72.
- Deakin, A. K., 1996, Landmarks as navigational aids on street maps, *Cartography and Geographic Information Systems*, Vol. 23, No. 1, pp. 21-36.
- Denis, M., Pazzaglia, F., Cornoldi, C., and Bertolo, L., 1999, Spatial discourse and navigation: An analysis of route directions in the city of Venice, *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 13, No. 2, pp. 145-174.
- Elias, B., 2003, Extracting landmarks with data mining methods, *Proceedings of International Conference of COSIT 2003*, Kartause Ittingen, Switzerland, pp. 375-389.
- Elias, B., 2007, Pedestrian Navigation—Creating a tailored geodatabase for routing, *Positioning, Navigation and Communication, 2007*, WPNC'07,

- 4th Workshop on IEEE, pp. 41-47.
- Fang, Z., Li, Q., Zhang, X., and Shaw, S. L., 2012, A GIS data model for landmark-based pedestrian navigation, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 26, No. 5, pp. 817-838.
- Hile, H., Vedantham, R., Cuellar, G., Liu, A., Gelfand, N., Grzeszczuk, R., and Borriello, G., 2008, Landmark-based pedestrian navigation from collections of geotagged photos, *Proceedings of the 7th international conference on mobile and ubiquitous multimedia*, ACM, December 03-05, Umea, Sweden, pp. 145-152.
- Kim, J., Lee, J., Choi, J., and Yu, K., 2010, Create a pedestrian network using existing Spatial datasets, *The 7th International Symposium on LBS & TeleCartography*, South China Normal University, September 20-22, Guanshou, China, unpaginated CD-ROM.
- Lovelace, K. L., Hegarty, M., and Montello, D. R., 1999, Elements of good route directions in familiar and unfamiliar environments, *Proceedings of International Conference of COSIT' 99*, Springer Berlin Heidelberg, August 25-29, Stade, Germany, pp. 65-82.
- Michon, P. E., and Denis, M., 2001, When and why are visual landmarks used in giving directions?, *Proceedings of International Conference of COSIT 2003*, September 19-23, Morro Bay, CA, USA, pp. 292-305.
- Okabe, A., Satoh, T., Furuta, T., Suzuki, A., & Okano, K., 2008, Generalized network Voronoi diagrams: Concepts, computational methods, and applications. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 22, No. 9, pp. 965-994.
- Raubal, M., and Winter, S., 2002, Enriching Wayfinding Instructions with Local Landmarks. *Proceedings of the Second International Conference, GIScience 2002*, Springer Berlin Heidelberg, September 25-28,

- Boulder, CO, USA, pp. 243-259.
- Scholl, B. J., 2001, Objects and attention: The state of the art, *Cognition*, Vol. 80, No.1, pp.1-46.
- Sorrows, M. E., and Hirtle, S. C., 1999, The nature of landmarks for real and electronic spaces, *Proceedings of International Conference of COSIT' 99*, Springer Berlin Heidelberg, August 25-29, Stade, Germany, pp. 37-50.
- Treisman, A. M., & Gelade, G., 1980, A feature-integration theory of attention. *Cognitive psychology*, Vol. 12, No. 1, pp. 97-136.
- Tversky, B. and Lee, P. U., 1999, Pictorial and Verbal Tools for Conveying Routes, *Proceedings of the International Conference on Spatial Information Theory: Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science*, pp. 51-64.
- Winter, S., Tomko, M., Elias, B., and Sester, M., 2008, Landmark hierarchies in context, *ENVIRONMENT AND PLANNING B PLANNING AND DESIGN*, Vol. 35, No. 3, pp. 381-398.
- Zhao, Y., 1997, Vehicle location and navigation systems.

부 록

<부록 A> 최종 후보군과 건물 후보군

<부록 B> 경로 안내에 이용된 랜드마크

<부록 A> 최종 후보군과 건물 후보군

(회색 - 최종 후보군, 유색 건물 - 후보군에 속하는 건물, 무색 건물 - 후보군에 속하지 않는 건물)

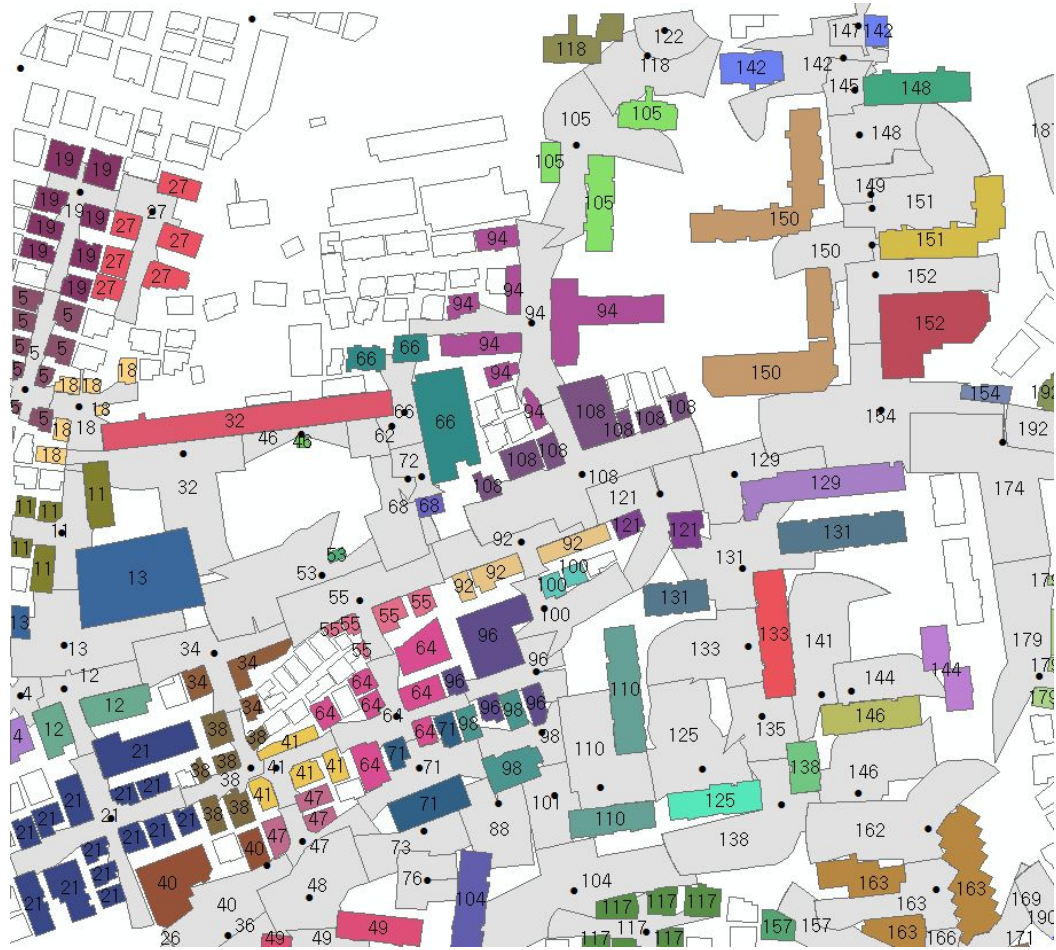


그림 부록A-1. 서울시 관악구 은천동 일대의 후보군과 건물 후보군 결과

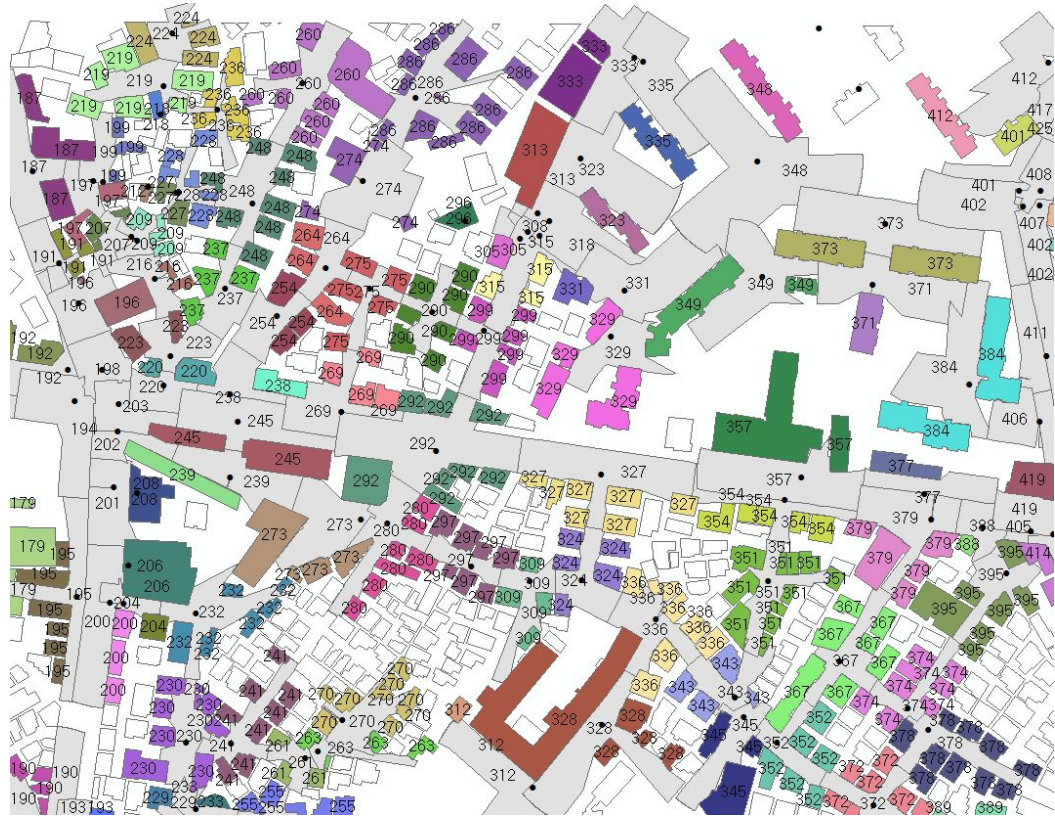


그림 부록A-2. 서울시 관악구 성현동 일대의 후보군과 건물 후보군 결과

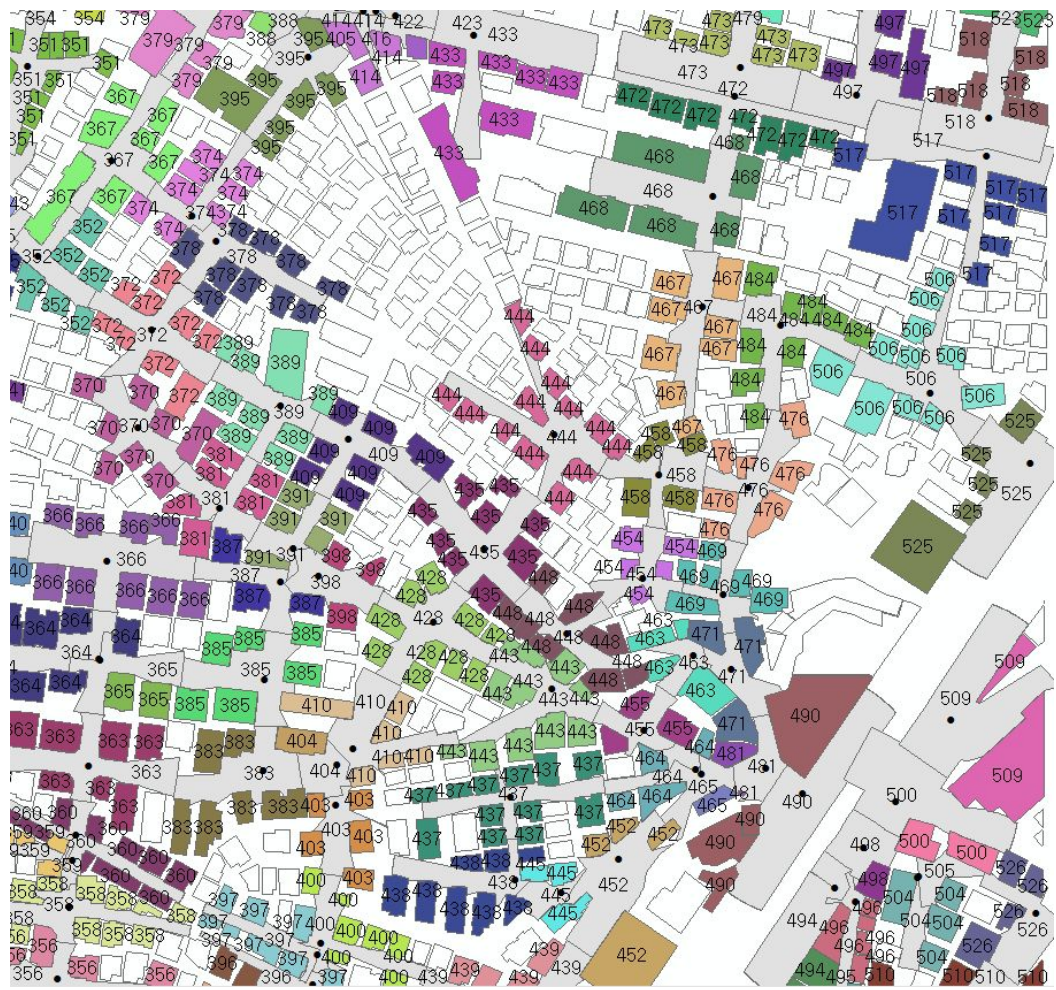


그림 부록A-3. 서울시 관악구 중앙동 일대의 후보군과 건물 후보군 결과



그림 부록A-4. 서울시 관악구 청룡동 일대의 후보군과 건물 후보군 결과

<부록 B> 경로 안내에 이용된 랜드마크

표 부록B-1. 경로 탐색 실험 출발지와 목적지(UTM-K 좌표계)

| 경로 | 출발지(m) | | 목적지(m) | |
|------|------------|-------------|------------|-------------|
| | x | y | x | y |
| 경로3 | 950676.723 | 1942098.337 | 950779.202 | 1942050.103 |
| 경로6 | 950841.406 | 1942306.46 | 951162.875 | 1942262.01 |
| 경로7 | 951542.06 | 1942163.731 | 951458.319 | 1942163.334 |
| 경로8 | 950952.356 | 1942381.752 | 951228.114 | 1942267.055 |
| 경로9 | 950687.772 | 1942421.969 | 950812.768 | 1942554.129 |
| 경로10 | 950934.475 | 1942294.879 | 951179.215 | 1942418.837 |
| 경로11 | 950752.517 | 1942786.188 | 951233.067 | 1942956.845 |
| 경로12 | 950652.902 | 1942489.784 | 951132.46 | 1942452.081 |
| 경로13 | 951497.069 | 1942406.392 | 951390.243 | 1942593.586 |
| 경로14 | 951572.644 | 1942839.703 | 951574.761 | 1943032.849 |
| 경로15 | 951056.558 | 1942916.8 | 951193.811 | 1943036.855 |
| 경로17 | 950824.349 | 1942736.875 | 951130.274 | 1942538.106 |
| 경로18 | 950719.149 | 1942023.496 | 950652.976 | 1942209.248 |
| 경로19 | 951456.165 | 1942633.376 | 951449.818 | 1942848.348 |
| 경로20 | 951644.429 | 1942484.229 | 951646.545 | 1942800.671 |



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-1. 경로 3에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-2. 경로 6에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-3. 경로 7에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-4. 경로 8에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-5. 경로 9에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-6. 경로 10에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-7. 경로 11에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-8. 경로 12에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-9. 경로 13에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우

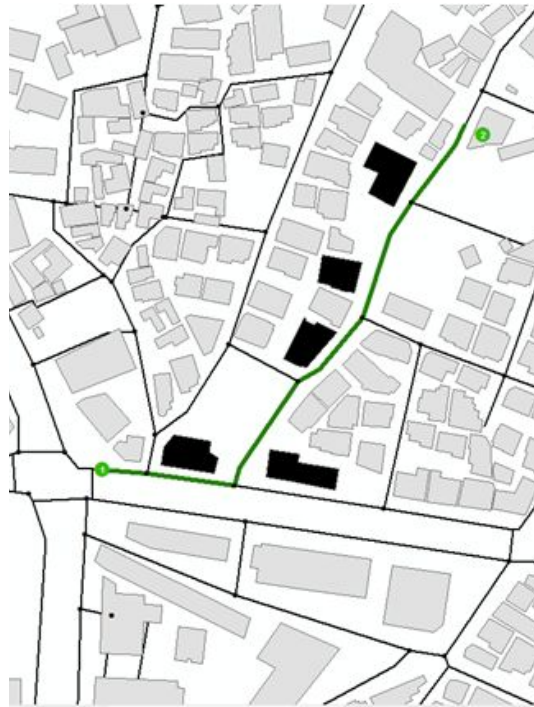


(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-10. 경로 14에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우

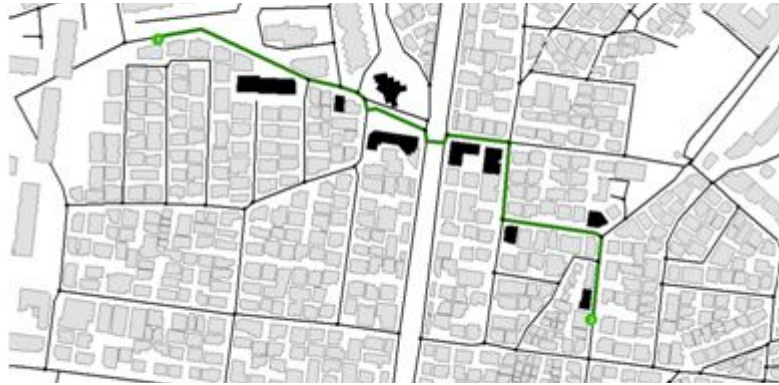


(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-11. 경로 15에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우

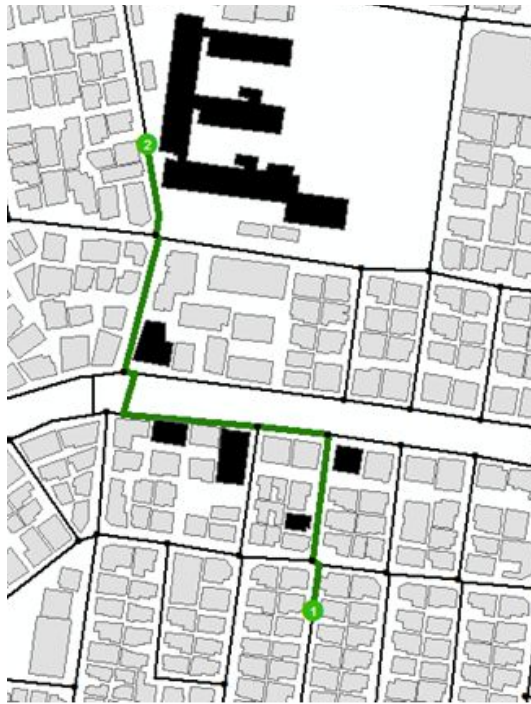


(b) 네이버의 경우

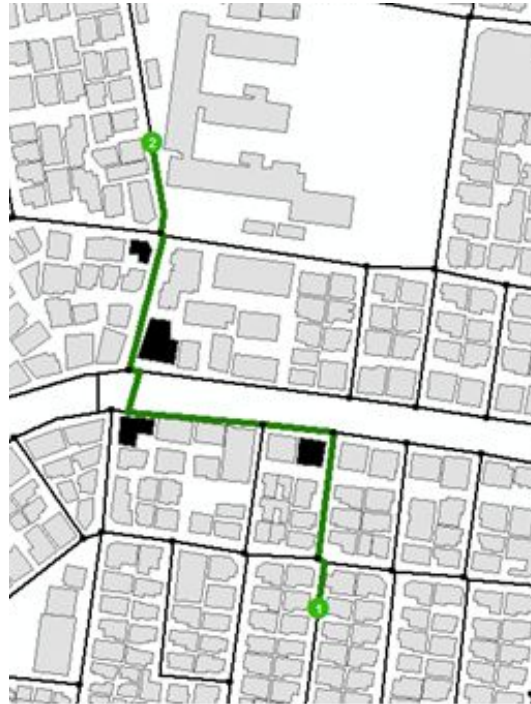


(c) 다음의 경우

그림 부록B-12. 경로 17에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-13. 경로 18에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크

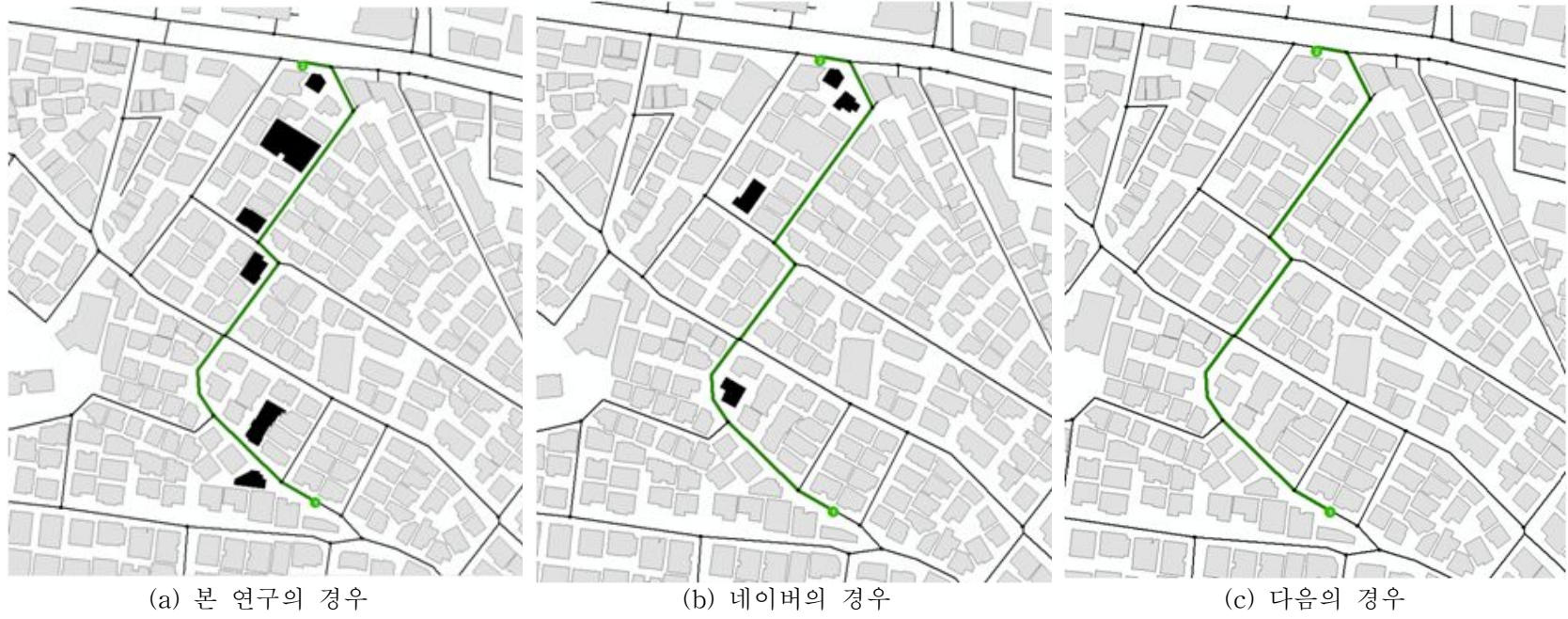


그림 부록B-14. 경로 19에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크



(a) 본 연구의 경우



(b) 네이버의 경우



(c) 다음의 경우

그림 부록B-15. 경로 20에 대한 상세 경로 안내에서 이용된 랜드마크

**A Study on Extraction of Landmarks
for Pedestrian Navigation
Using Building Attribute Data**

Supervised by Prof. Yu, Kiyun

February 2014

Kim, Jinhyeong

**Department of Civil and Environmental Engineering
Seoul National University**

Abstract

Recently, interest in pedestrian navigation is being increased as various spatial information services are provided due to the development of the Internet and smart phone. It is efficient to use landmarks for route direction for pedestrian due to the characteristics of pedestrians' s movement and success rate of pathfinding. Accordingly, researches on extracting landmarks have been progressed. However, preceding researches have a limit that they only considered the difference between buildings and did not consider visual attention of maps in display of navigation.

This study improves this problem by defining building attributes as local variable and global variable. Local variables reflects the saliency of buildings by representing the difference between buildings and global variables reflects the visual attention by representing the inherent characteristics of buildings. Also, this study considers the connectivity of

network and solves the overlapping problem of landmark candidate groups by using network Voronoi diagram.

The process for extraction of landmarks proposed by this study consists selection of choice point, extraction of landmark candidate groups, definition of building attribute data, dimension reduction of variables, and extraction of landmarks. This study applied proposed algorithm to part of Gwanak-gu, Seoul-si and extracted landmarks.

Lastly, this study evaluated extracted landmarks by making a comparison with labels and landmarks used by portal sites. In conclusion, landmarks extracted by this study can be used route direction in pedestrian navigation and contribute to understanding of whole route and space.

Keyword : pedestrian navigation, network Voronoi diagram, Principal Component Analysis, Landmark

Student Number : 2012-20897