

보행자 내비게이션 시스템을 위한 랜드마크 추출 방법

Extraction of Landmarks for Pedestrian Navigation System

노건일¹⁾ · 김지영²⁾ · 유기윤³⁾
Rho, Gonil · Kim, Jiyoung · Yu, Kiyun

Abstract

This study is to extract landmark buildings for pedestrian navigation from the existing spatial data sets automatically. At first, we defined candidates for landmark based on sight of pedestrian, then extracted final landmark by evaluating attributes of each candidate. The attribute is evaluated with relative or absolute criteria depending on the nature of each attribute. Landmarks extracted through the proposed method are compared to existing landmarks for vehicle and assessment of the validity and the applicability is performed. As a result, extracted Landmarks are expected to help guiding pedestrian effectively.

Keywords : Landmark, Pedestrian, Navigation, Criteria evaluating attribute

초 록

본 연구에서는 보행자가 갈림길을 만났을 때 랜드마크로 활용할 수 있는 건물을 기 구축된 공간정보로부터 자동으로 추출하는 방법을 제안한다. 이를 위해 먼저 각 갈림길에서 보행자의 시야를 바탕으로 랜드마크 후보군을 정의한 뒤, 후보군의 기하 정보와 속성 정보를 상대적 기준과 절대적 기준으로 구분하여 평가함으로써 랜드마크를 추출하였다. 제안된 방법을 도로명 주소 전자지도의 수원 일부지역에 적용하여 추출된 랜드마크를 기존의 차량용 랜드마크와 비교한 결과 차량용 랜드마크가 추출되는 것으로 나타났으며, 각 선택점에서 주로 보행자의 눈에 띄기 쉬운 모퉁이에 위치한 건물들이 랜드마크로 선정되었다. 따라서 추출된 랜드마크를 활용하여 보행자 내비게이션 시스템에서 보다 정확한 길안내를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심어: 랜드마크, 보행자, 내비게이션, 속성 평가 기준

1. 서 론

차량용 내비게이션은 길안내를 할 때 주로 거리와 방향 정보만을 제공한다. 차량은 네트워크 형태의 도로라는 제한된 공간위에서 이동하기 때문에, 이러한 형태의 안내만으로도 어렵지 않게 길을 찾을 수 있다. 하지만 보행자의 경우 차량에 비해 훨씬 자유도가 높은 공간에서 움직이게 된다. 보행자는 길 찾기의 과정에서 주변의 공간을 머릿속에 형상화하여 길을 찾는데, 이를 인지지도라 한다. 이때 인지지도는 주로 방향을 인지할 수 있는 기준점을 중심으로 형성되게 되며, 이때의 기준점을 '랜드마크'라고

한다. 예를 들어, 낯선 보행자에게 장소 A까지 가는 길을 안내 할 때, 보통 중간에 위치한 건물들을 중심으로 안내하게 된다. 이때, 안내에 활용된 건물들이 랜드마크이며, 거리와 방향만 사용하는 것보다 더 효율적으로 길을 안내할 수 있다. 따라서 보행자를 위한 경로안내에서는 인간의 인지지도를 고려하여 랜드마크를 활용하는 것이 필요하다.

랜드마크는 경로탐색 과정에서 그 위치에 따라 경로의 방향이 바뀌는 갈림길에 위치한 랜드마크(choice point landmarks), 경로의 방향이 바뀌지 않는 갈림길에 위치한 랜드마크(potential choice point landmarks), 경로 상에 위치

1) 서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정(E-mail: ginho03@snu.ac.kr)

2) 서울대학교 건설환경공학부 박사과정(E-mail: soodaq@snu.ac.kr)

3) 교신저자 · 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 부교수(E-mail:kiyun@snu.ac.kr)

한 랜드마크(on-route landmarks), 경로에서 멀리 떨어져 있지만 산이나 바다, 유명한 건물처럼 보행자에게 방향에 관한 정보를 전달하는 랜드마크(off-route landmarks)로 구분할 수 있다(Lovlace 등, 1999). 이 중에서 특히 갈림길 혹은 선택점(Choice point)에 위치한 랜드마크는 보행자가 여러 개의 가능한 경로 중 이후의 진행 경로를 선택하는 과정에서 판단의 기준점 역할을 하여 보행자의 실수를 줄여 줄 수 있다(Allen, 1997).

보행자용 랜드마크의 추출에 관한 기존의 연구들은, 먼저 추출에 활용될 수 있는 건물의 속성을 정의하고, 이를 바탕으로 다양한 분석 방법을 적용하여 랜드마크를 추출하고자 하였다. Sorrows 등(1999)은 랜드마크를 그 속성에 따라 시각적 랜드마크(visual landmark), 인지적 랜드마크(cognitive landmark), 구조적 랜드마크(structural landmark)로 구분했다. Raubal 등(2002)은 이와 같은 정의를 바탕으로 건물의 속성을 시각적 속성(건물 정면의 면적, 건물의 높이와 너비의 비, 색상 등)과 의미론적 속성(문화적 가치, 역사적 가치, 간판 등), 구조적 속성(도로 네트워크의 절점, 구역의 둘레 등)으로 구분했다. 그 후 각 건물에 대하여 정의한 각 속성 값을 계산하고, 한 건물의 속성 값과 그 이웃한 주변 건물들의 속성 값의 평균과의 차이가 통계적으로 유의한지를 검증 하였다. 그리고 유의하다고 평가된 속성들의 값을 가중선형조합하여 그 건물이 가진 랜드마크로서의 가치로 정의하고, 가장 큰 가치를 갖는 건물을 찾아 랜드마크로 정의하였다. Elias(2003)는 기 구축된 데이터베이스로부터 건물의 용도, 건물명, 크기, 길이와 너비의 비, 모서리 개수, 인접 건물의 수, 도로와의 이격 거리, 용적률 등의 속성을 정의하고, ID3와 Cobweb 등의 데이터마이닝 기법을 사용하여 주변의 건물에 비해 상대적으로 두드러지는 건물을 찾아내고자 했다.

그런데 이들 연구에서는 정의된 속성들을 평가하는 기준으로 주변의 상황에 영향을 받지 않는 절대적 기준(Raubal 등, 2002), 혹은 주변의 상황에 따라 달라지는 상대적 기준(Elias, 2003) 중 하나만을 사용하였다. 하지만 정의된 속성의 특성에 따라 동일한 평가 기준을 적용하기 힘든 경우가 존재한다. 예를 들어 '문화적 가치'와 같은 속성은 주변 객체에 관계없이, 문화적 가치를 갖고 있는 객체가 랜드마크로써 더 높은 가치를 갖고 있다고 평가할 수 있다. 따라서 이러한 경우는 절대적 기준을 통해 평가하는 것이 타당하다. 반면 '건물의 높이'와 같은 속성은 주변 건물의 높이에 따라 때로는 그 값이 높을수록, 때로는 그 값이 낮을수록 랜드마크로써의 가치를 높게 평가할

수 있다. 이러한 경우는 상대적 기준에 의해 평가하는 것이 타당하다.

몇몇 연구는 랜드마크의 추출 과정에서 건물의 속성뿐 아니라 보행자의 시야를 고려하기도 했다. Winter(2003)는 건물의 정면을 관측할 수 있는 도로 영역을 찾고, 탐색된 경로의 세그먼트(segment)가 그 영역 안에 얼마나 포함되는지를 측정하는 방법으로 보행자의 시야를 고려하였다. 하지만 이 방법은 건물의 정면만을 고려했다는 한계점과, 경로의 탐색이 이루어진 후에야 랜드마크에 대한 평가를 할 수 있다는 단점을 갖고 있다.

따라서 본 연구에서는 선행연구에서 나타난 한계를 해결하기 위하여 각 선택점에서 보행자의 모든 방향에 대한 시야를 고려하여 선택점에서 관측 가능한 객체, 랜드마크 후보군을 선정한다. 다음으로 선정된 랜드마크 후보군의 기하 정보와 속성 정보를 상대적 속성과 절대적 속성으로 구분하여 평가함으로써 최종적인 랜드마크를 추출하였다. 마지막으로 제안된 방법을 도로명 주소 전자지도의 수원시 팔달구 일부 지역에 적용하여 추출된 랜드마크의 효율성과 활용 가능성을 평가하였다.

2. 랜드마크 추출 방법

랜드마크를 추출하기 위한 프로세스는, 그림 1과 같이 보행자를 위한 선택점 선정, 랜드마크 후보군 선정, 랜드마크 후보군의 속성 변수 추출, 속성 변수의 평가 및 차원의 축소, 최종 랜드마크 추출의 단계로 이루어진다.

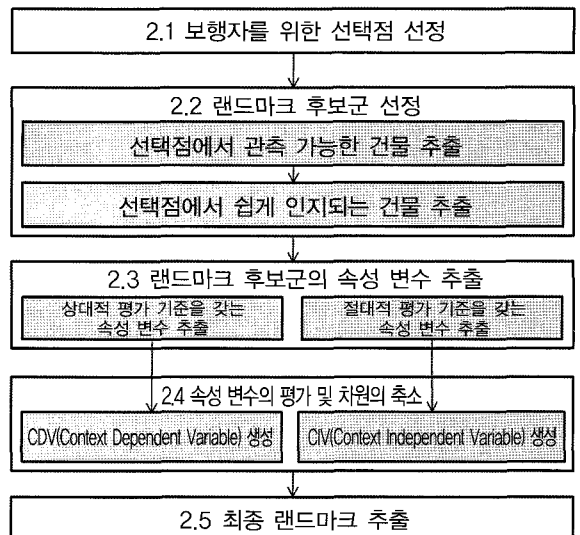


그림 1. 제안된 랜드마크 자동 추출 프로세스

2.1 보행자를 위한 선택점 선정

보행자는 종종 길 찾기의 과정에서 갈림길을 만나게 된다. 갈림길에서 보행자는 다수의 가능한 경로 중 이후의 진행 경로를 선택해야 하며, 이러한 지점을 선택점이라고 한다. 선택점은 길 찾기 과정에서 보행자의 실수가 발생할 수 있는 지점이므로, 경로를 안내하는데 있어서 중요하게 다루어져야 한다. 보행자의 경로 탐색은 보행자 네트워크 위에서 이루어지며, 이때 보행자 네트워크 위에서 선택점은 '3개 이상의 링크와 연결된 노드'로 정의할 수 있다. 이러한 특성을 갖는 노드를 모두 추출하여 선택점으로 삼는다.

2.2 랜드마크 후보군 추출

어떠한 건물이 선택점에서 보행자의 경로 결정을 위한 랜드마크로 활용되기 위해서는 보행자로부터 관측 가능한 위치에 있어야 한다. 따라서 우선 선택점 주변의 건물 중 '관측 가능한 건물'을 추출하는 과정이 필요하다. 이를 위해 먼저 선택점에서 isovist 폴리곤을 생성한다. isovist란 그림 2와 같이 주어진 한 점에서 주변 환경에 대해 관측 가능한 모든 점의 집합을 의미한다 (Benedikt, 1979). 즉, 생성된 isovist 폴리곤은 해당 선택점에서 보행자가 관측할 수 있는 모든 영역을 나타내게 된다. 이때, isovist 폴리곤의 생성 과정에서 보행자의 최대 시야거리를 설정해줄 필요가 있는데, 이는 보행자의 특성이나 보행 환경에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 복잡한 도심지역에서 이동하는 일반적인 성인 보행자의

최대시야거리는 50m로 설정할 수 있다(Elias, 2003). isovist 폴리곤을 생성한 뒤, 생성된 폴리곤과 건물 레이어를 대상으로 intersection 분석을 수행하여 isovist 폴리곤과 해당 선택점에서 보행자가 관측할 수 있는 모든 건물을 추출한다.

그런데 이때 단순히 isovist 폴리곤과 만나는 모든 건물을 추출하면, 비정상적으로 작은 시야각을 갖는 건물도 선택될 수 있다. 따라서 추출된 건물의 시야각을 계산하여, 제1사분위수에서 사분위범위(IQR)의 1.5배를 뺀 값보다 작은 값들을 이상치로 정의한다. 이때, 이상치에 속하는 건물을 제외하고 남은 건물을 선택점에서 쉽게 인지할 수 있는 건물로 판단하고, 최종적으로 이들을 각 선택점에 대한 랜드마크 후보군으로 삼는다.

2.3 랜드마크 후보군의 속성 변수 추출

도로명 주소 전자지도의 건물 레이어에서 각 건물의 기하학적인 형상과 속성 정보 필드의 값으로부터 여러 가지 속성 변수를 추출할 수 있다. 추출된 변수는 건물의 지상 면적, 높이, 길이, 너비, 방향, 모서리의 수, 보이는 건물 정면의 넓이, 건물 명칭의 유무, 같은 용도 건물의 수 등이다.

다음으로 추출된 속성 변수들을 랜드마크로서의 가치를 평가하는 기준에 따라 상대적 평가 기준을 갖는 변수와 절대적 평가 기준을 갖는 변수로 구분한다. 먼저 상대적 평가 기준을 갖는 변수는 랜드마크로서 가치를 평가하는 기준이 주변 상황에 따라 상대적으로 결정되는 변수이다. 이러한 변수는 주변과의 비교를 통해 상대적으로 부각된다. 예를 들어, 건물의 높이의 경우 낮은 높이의 건물들 사이에서는 높은 건물이 상대적으로 부각되지만, 반대로 높은 건물들 사이에서는 상대적으로 낮은 건물이 부각된다. 추출된 변수 중 건물의 지상 면적, 높이, 길이, 너비, 방향, 모서리의 수 등의 변수가 이러한 특징을 갖고 있다. 반면 절대적 평가 기준을 갖는 변수는 하나의 절대적인 기준으로부터 일정한 방향성을 갖고 랜드마크로서 가치를 평가할 수 있다. 예를 들어, 보이는 건물 정면의 넓이의 경우 그 값이 클수록 보행자의 시야에서 차지하는 비율이 높아지므로 랜드마크로서 높은 가치를 갖는다고 할 수 있다. 건물 명칭 유무, 같은 용도 건물의 갯수 등의 변수도 절대적 평가 기준을 갖는 변수에 해당한다. 최종적으로 추출된 랜드마크 후보군의 속성 변수와 그 구분은 표 1과 같다.

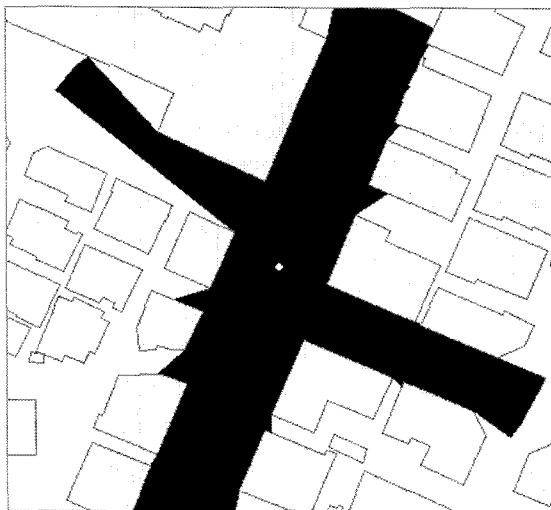


그림 2. isovist 폴리곤(검은색)

표 1. 도로명 주소 전자지도로부터 추출한 건물 속성 변수

구분	속성 변수	정의	설명	도로명 주소 전자지도 필드명
상대적 평가 기준을 갖는 속성 변수	지상 면적	건물의 지상 면적	건물 폴리곤의 넓이	
	높이	건물의 높이	건물 층수 × 3m (한 층의 높이를 3m로 가정)	ABV_FL_CNT (층수)
	길이	평면상의 건물 길이	최소경계사각형(Minimum Bounding Rectangle)의 장축의 길이	
	너비	평면상의 건물 너비	최소경계사각형의 단축의 길이	
	방향	건물 길이 방향의 방위각	최소경계사각형 장축의 방위각	
	모서리의 수	건물 모서리의 수	건물 폴리곤의 절점의 수	
절대적 평가 기준을 갖는 속성 변수	Visible Facade	보이는 건물 정면의 넓이	(isovist 폴리곤과 건물의 교선의 길이) × 높이	
	건물 명칭 유무	건물의 명칭이 존재하는지의 여부	건물 명칭 필드에 값이 존재하는지의 여부	BD_NM(한글명칭) BD_ENG_NM(영문명칭) DET_BD_NM(세부명칭)
	같은 용도 건물의 수	주변에 위치한 같은 용도의 건물 개수	주변 건물 중 같은 건물용도를 갖는 건물의 개수	BD_KD (건물용도)

2.4 속성 변수의 평가 및 차원의 축소

위에서 분류된 속성 변수에 각 평가 기준에 알맞은 평가 방법을 적용하여 각각을 하나의 차원으로 축소하여 나타내고자 한다. 상대적 평가 기준을 갖는 변수들을 평가하여 하나의 변수로 차원을 축소한 뒤, 이를 'Context Dependent Variable(CDV)'이라고 정의한다. 또한 절대적 평가 기준을 갖는 변수들을 평가하여 'Context Independent

Variable(CIV)'로 정의한다. 이렇게 변수들의 차원을 축소하면 분석의 효율이 높아지고, 분석 결과를 해석하기 용이해 진다는 장점이 있다.

(1) Context Dependent Variable

공간 이상치(Spatial Outlier)는 이웃한 공간적 객체들에 비해 그 속성 값이 크게 차이 나는 객체를 의미하며, 이를

표 2. 랜드마크 후보군 내 각 건물의 Mahalanobis 거리를 측정하는 알고리즘

- i) n 개의 건물로 구성된 랜드마크 후보군을 집합 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 라고 한다.
- ii) X 에 속하는 각 건물의 상대적 평가 기준을 갖는 속성을 불러오는 함수 f 를 정의한다.
 $f(x_i) = (a_1, a_2, \dots, a_q)$ 이때, a_j 는 x_i 의 j 번째 속성($j = 1, 2, \dots, q$).
- iii) X 에 속하는 각 건물에 대하여 이웃 건물의 상대적 평가 기준을 갖는 속성의 대표값을 구하는 함수 g 를 정의한다.
 $g(x_i) = (m_1, m_2, \dots, m_q)$ 이때, m_j 는 $\{f(x) \mid x \in Neighbor(x_i)\}$ 의 대표값 ($j = 1, 2, \dots, q$), $Neighbor(x_i)$ 는 x_i 의 이웃 건물의 모임으로, X 의 원소 중 x_i 를 제외한 집합.
- iv) 비교함수 $h(x_i)$ 를 정의한다.
 $h(x_i) = f(x_i) - g(x_i)$
- v) 모든 i 에 대하여 $h(x_i)$ 와 그 평균 벡터인 μ_h 사이의 Mahalanobis 거리 d^2 를 구한다.
 $d^2(x_i) = (h(x_i) - \mu_h)^T \Sigma^{-1} (h(x_i) - \mu_h)$
 이때, μ_h 는 $h(x_i)$ 의 평균 벡터, Σ 는 공분산 행렬로 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\mu_h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h(x_i)$$

$$\Sigma = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [h(x_i) - \mu_h][h(x_i) - \mu_h]^T$$

표 3. 절대적 평가 기준을 갖는 속성의 평가 방법

속성 변수	평가 기준	평가 방법
Visible Facade	Visible Facade의 면적이 넓을수록 랜드마크로써 가치가 높다.	$a_{VF} = \frac{VF - VF_{\min}}{VF_{\max} - VF_{\min}}$ 이때, VF는 Visible Facade, VF_{\max} , VF_{\min} 은 각각 주변 건물 Visible Facade의 최댓값과 최솟값이다.
건물 명칭 유무	건물의 명칭이 존재하는 것이 랜드마크로써 가치가 높다.	if 건물 명칭 필드 = null, $a_{Name} = 0$ else $a_{Name} = 1$
같은 용도 건물의 수	주변에 같은 용도를 갖는 건물의 수가 적을수록 랜드마크로써 가치가 높다.	$a_{TC} = \frac{TC_{\max} - TC}{TC_{\max} - TC_{\min}} = \frac{n - TC}{n - 1}$ 이때, TC는 같은 용도 건물의 수, TC_{\max} , TC_{\min} 은 각각 주변 건물 TC의 최댓값과 최솟값, n은 주변 건물의 개수다.

찾기 위한 과정을 공간 이상치 분석이라고 한다. Kou(2006)는 Mahalanobis 거리를 활용하여 여러 개의 속성을 갖는 공간객체들 사이에서 공간 이상치를 찾아내는 방법을 제안했다. Mahalanobis 거리는 다차원 공간에서 두 점이 떨어진 정도를 나타내는 다양한 척도 중의 하나로, 각 차원 축의 상관관계를 고려하여 표준화시킨 공간에서 측정된 두 점간의 확률 거리이다. 즉, 두 공간객체 사이에서 측정된 Mahalanobis 거리는 이들의 속성이 상대적으로 얼마만큼의 차이가 있는지를 표준화된 척도로 나타낸 값이라고 할 수 있다. 따라서 상대적 평가 기준을 갖는 변수들을 사용하여 대상 건물과 그 이웃한 건물들 간의 Mahalanobis 거리를 측정한다면, 이를 대상 건물과 주변 건물들 간의 상대적인 차이를 나타내는 척도로 사용할 수 있다. 랜드마크 후보군에 속하는 각 건물에 대해 주변 건물과의 Mahalanobis 거리를 측정하는 알고리즘은 표 2와 같다.

표 2에서 함수 g 를 정의할 때 필요한 이웃 건물들이 갖는 속성의 대표값으로는 평균이나 중앙값 등을 사용할 수 있다. 그런데 만약 평균을 대표값으로 사용할 경우에는 과도하게 큰 값이나 작은 값에 민감하게 영향을 받는다는 단점이 발생한다. 이러한 점을 극복하기 위해서는, 평균보다 안정적인 중앙값을 대표값으로 사용하는 것이 좋다 (Kou, 2006). 위와 같은 과정을 통해 얻은 Mahalanobis 거리 (d^2)의 값은 각 건물의 속성이 그 주변 건물들의 대표적인 속성과 상대적으로 얼마나 차이가 있는지를 나타낸다. 따라서 이 값을 CDV의 값으로 정의하고, 그 값이 클수록 주변 건물들에 비해 상대적으로 랜드마크로써 가치가 높다고 평가할 수 있다.

(2) Context Independent Variable

상대적 평가 기준을 갖는 속성과 달리 절대적 평가 기준을 갖는 속성은 각 속성별로 일정한 기준으로부터 일정한 방향성을 갖고 랜드마크로써 가치를 평가할 수 있다. 각 속성의 평가 기준 및 정량화된 평가 방법은 표 3과 같다. 각 속성은 그 결과가 0에서 1사이의 정규화된 값을 갖도록 정의했다.

정량적으로 평가된 각 속성을 하나의 변수로 통합하기 위한 방법으로, 식 (1)과 같은 가중선형조합을 구하고 이를 CIV의 값으로 정의한다.

$$CIV = \sum \beta_i \cdot a_i \tag{1}$$

이때, a_i 는 i 번째 속성의 정량화된 값, β_i 는 i 번째 속성의 가중치를 나타낸다. 각 속성의 가중치는 전문가의 판단이나 사용자의 선호에 따라 결정할 수 있다.

2.5. 최종 랜드마크 추출

2.4절에서 생성한 두 개의 변수 CDV와 CIV를 각각 축으로 하는 평면 위에 랜드마크 후보군의 모든 건물을 산점도의 형태로 나타낼 수 있다. 이때, 두 변수는 서로 다른 척도를 갖고 있으므로 상대적인 비교를 위해 식 (2)와 같이 Z-score를 사용하여 표준화시키는 과정을 거치게 된다.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \tag{2}$$

이 때, Z는 표준화된 변수, x는 기존의 변수, μ 는 평균, σ 는 표준편차를 의미한다.

이제 k-means 군집화 기법을 이용해서 최종 랜드마크를 추출한다. k-means 군집화 기법은 유클리드 거리를 활용한 반복적인 과정을 통해 대상을 k개의 그룹으로 군집화해주는 기법이다. 이때 사용자가 최종 군집의 개수인 k 값을 정해줘야 하는데, 이 값은 랜드마크 후보군에 속하는 건물의 총 개수에 따라 달라질 수 있다. 건물의 수가 많을 경우에는 군집의 수를 늘려주어야 한다. 군집화가 완료되면 중심점이 제 1사분면에 위치하며 원점으로부터 가장 멀리 떨어진 군집을 찾는다. 이 군집은 두 변수의 값을 모두 고려했을 때 랜드마크로서 가장 높은 가치를 갖는 건물들의 모임을 나타낸다. 따라서 이 군집에 속하는 건물을 각 선택점에 대한 최종적인 랜드마크로 정의한다. 만약 제 1사분면에 군집이 존재하지 않는 경우, 나머지 사분면에 위치하는 군집들의 각 중심점의 CDV와 CIV의 값을 합하여 그 값이 가장 큰 군집을 찾고 그에 속하는 건물을 최종적인 랜드마크로 정한다.

3. 실험 및 결과

제안된 방법을 시험하기 위해 행정안전부에서 매달 갱신하여 무료로 배포하는 도로명 주소 전자지도를 이용하여 경기도 수원시 팔달구의 일부 지역을 연구 대상 지역을 선정하고 랜드마크를 추출해 보았다(그림 3). 이때 추출된 랜드마크에 대한 검증은 먼저 우리나라의 상용 차량용 내비게이션 시스템인 SK의 Tmap에 존재하는 차량용 랜드마크와 비교하여 제안된 방법의 유효성을 검증하고,

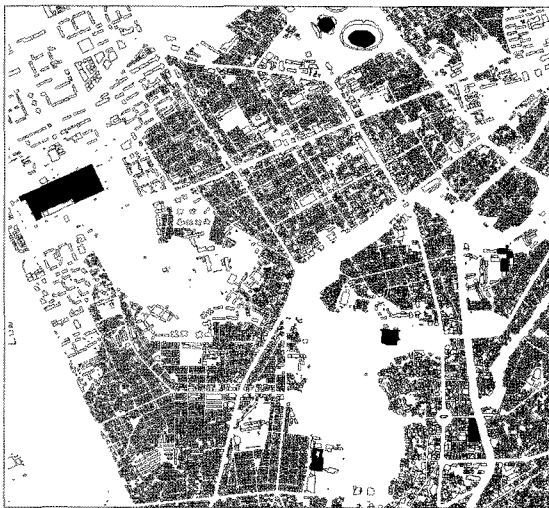
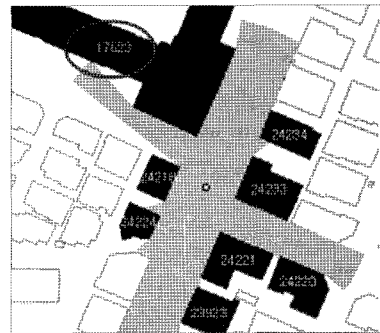


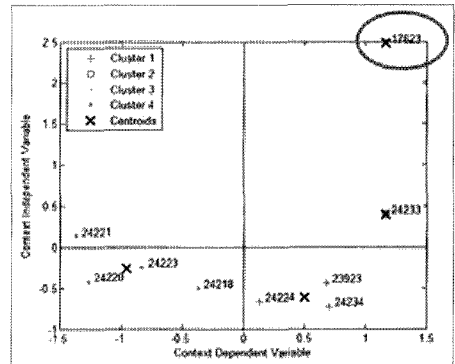
그림 3. 실험 지역(수원시 팔달구 일부)의 도로명 주소 전자지도의 건물(회색 폴리곤)과 차량용 랜드마크(검은색 폴리곤)

다음으로 다수의 선택점에서 추출된 랜드마크를 시각적으로 평가하여 그 활용성을 점검하였다.

먼저, 제안된 방법을 적용하여 랜드마크를 추출해 보았다. 이때 주변 환경이 도심지임을 감안하여 보행자의 최대 시야거리를 50m로 설정했고, 마지막 최종 랜드마크 추출을 위한 군집화 단계에서 군집의 수는 후보군 건물의 수에 따라 4-5개로 결정하였다. 그림 4(a)는 주택가의 한 선택점에서 생성된 isovist 폴리곤과, 이를 통해 추출된 랜드마크 후보군의 모습이다. 이들은 CDV, CIV 두 개의 변수로 나타낸 이차원 평면 위에서 그림 4(b)와 같이 군집화된다. 산점도의 각 점은 하나의 건물을 뜻하며, 각 건물은 4개의 군집으로 분류되었다. 그 중 중심이 가장 우측 상단에 위치한 군집에 속한 점들이 최종적으로 랜드마크로 추출되며, 이 경우 ID가 17623인 건물이 해당 선택점에서의 최종 랜드마크로 선정되었다. 민간 포털의 거리 사진 서비스로 확인한 결과, 랜드마크로 선정된 ID 17623 건물은 해당 선택점에서 관측되는 유일한 아파트이고, 주변의 건물들은 주로 3층에서 4층 높이로 비교적 낮은 높이의 상가와 주택이 혼합된 용도로 활용되고 있었다.



(a)



(b)

그림 4. 대상 지역의 랜드마크 추출 사례: (a)랜드마크 후보군(검은색 폴리곤)과 최종 추출된 랜드마크(동그라미); (b)k-means 군집화 결과(동그라미: 최종 추출된 랜드마크)

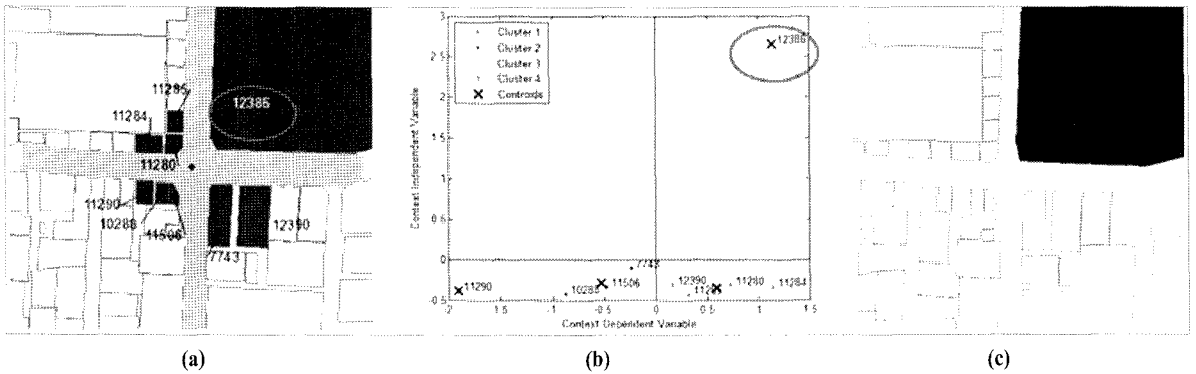


그림 5. 추출된 랜드마크와 기존의 차량용 랜드마크의 비교: (a) 랜드마크 후보군(검은색 폴리곤)과 최종 추출된 랜드마크(동그라미); (b)k-means 군집화 결과(동그라미: 최종 추출된 랜드마크); (c)기존의 차량용 랜드마크(검은색 폴리곤)

다음으로 제안된 방법의 유효성을 검증하기 위하여 추출된 랜드마크와 기존의 차량용 랜드마크를 비교해 보았다. 만약 제안된 방법을 통해 일부 선택점에서 자동으로 추출한 랜드마크와 기존에 존재하는 차량용 랜드마크가 일치한다면, 나머지 선택점에서 추출한 랜드마크도 유효하다고 할 수 있다. 그림 5는 차량용 랜드마크가 관측되는 한 선택점에서의 실험 결과를 나타낸다. 그림 5(a)에서는 isovist 분석을 통해 추출된 후보군의 모습을 볼 수 있다. 그림 5(b)는 CDV, CIV를 축으로 하는 산점도와 각 점들이 군집화된 모습을 보여준다. 최종적으로 추출된 랜드마크는 ID가 12386번인 건물로 그림 5(c)에 나타난 기존의 차량용 랜드마크와 일치한다. 그 밖에 대상지역에 존재하는 나머지 13개의 차량용 랜드마크에 대해서도 모두 같은 결과를 얻을 수 있었다. 즉, 제안된 방법에 의하여 추출된 랜드마크와 기존에 존재하던 차량용 랜드마크가 서로 일치하는 것을 확인했다. 따라서 제안된 방법을 통해 기존의 차량용 랜드마크를 자동으로 추출할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

마지막으로 그림 6은 기존의 차량용 랜드마크가 위치한 블록의 모든 선택점에서 추출한 보행자용 랜드마크의 모습이다. 각 선택점에 대하여 1~3개의 건물이 랜드마크로 선정되었다. 기존의 차량용 랜드마크를 관측할 수 있는 위치의 선택점에서는 차량용 랜드마크가 선정된 모습을 볼 수 있다. 그 밖의 선택점에서는 주로 보행자의 눈에 띄기 쉬운 모퉁이에 위치한 건물들이 랜드마크로 선정되었다. 보행자용 내비게이션에서는 이러한 랜드마크를 길 안내에 적극적으로 활용하여, 보행자가 갈림길에서 다음 진행 방향을 선택해야 할 때 잘못된 방향을 선택하는 실수를 줄여줄 수 있다.



그림 6. 블록의 모든 선택점에서 랜드마크 추출 결과 : (a)기존의 차량용 랜드마크(검은색 폴리곤); (b)제안된 방법으로 추출한 보행자용 랜드마크(검은색 폴리곤)

4. 결 론

본 연구는 기 구축된 공간정보로부터 보행자의 길안내를 위한 랜드마크를 자동으로 추출하는 방법에 관한 연구로, 주요 결과 및 의의는 다음과 같다.

첫째, 기 구축된 공간정보 중에서 가장 최신의 건물 정보가 관리되고 있는 도로명 주소 전자지도로부터 활용할 수 있는 랜드마크의 속성 변수를 정의하고, 이를 다시 평가하기 위한 기준에 따라 상대적 속성과 절대적 속성으로 분류하였다.

둘째, 각 선택점에서 보행자의 시야에 들어오는 각각의 건물 즉, 랜드마크 후보군에 대하여 상대적 속성은 공간 이상치 알고리즘을 적용하여 정량화하였으며, 절대적 속성은 가중선형조합을 이용하여 그 값을 산출하였다. 이렇게 산출된 상대적 속성 값과 절대적 속성 값을 군집화하여 최종랜드마크를 자동으로 추출하는 방법을 제안하였다.

셋째, 제안된 방법론을 통해 추출된 랜드마크를 기존의 차량용 랜드마크와 비교한 결과 차량용 랜드마크가 추출 되는 것으로 나타났으며, 각 선택점에서 주로 보행자의 눈에 띄기 쉬운 모퉁이에 위치한 건물들이 랜드마크로 선정되었다. 따라서 보행자용 내비게이션에서 추출된 랜드마크를 활용한 길안내를 제공함으로써, 갈림길에서 보행자의 실수를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

향후 본 연구에서 정의한 건물 이외의 랜드마크 즉, 공터, 표지판, 조형물, 자연지물 등 실세계의 보행 환경에 적합한 랜드마크를 추출하는 연구가 진행되어야 할 것이다. 이를 위해서 본 연구에서는 가장 최신의 정보가 관리되는 도로명 주소 전자지도만을 기 구축된 공간정보로 활용하였으나, 수치지형도, 건축물대장 DB와 같은 국가에서 구축한 공간정보 뿐 아니라 건물 사진, 관심정보(POI) 등 개인이나 민간에서 관리하는 공간정보 등 보다 풍부한 속성 정보를 이용한 랜드마크 추출이 요구된다 하겠다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형 국토정보기술혁신사업과제의 연구비지원(06국토정보 B01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

Allen P. M. (1997), *Cities and Regions as Self-organising Systems: Models of Complexity*, Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam.

Benedikt, M. L. (1979), To take hold of space: isovist and isovist field, *Environment and Planning B*, volume 6.

Elias, B. (2003), Extracting landmarks with data mining methods, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Volume 2825/2003.

Kou, Y. (2006), *Abnormal pattern recognition in spatial data*, PhD dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University.

Lovelace, K. L., Hegarty, M. and Montello, D. R. (1999), Elements of good route directions in familiar and unfamiliar environments, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Volume 1661/1999.

Raubal, M. and Winter, S. (2002), Enriching wayfinding instructions with local landmarks, *GIScience*, Springer-Verlag, LNCS 2478.

Sorrows, M. E. and Hirtle, S. C. (1999), The nature of landmark for real and electronic spaces, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Volume 1661/1999.

Winter, S. (2003), Route adaptive selection of salient features, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Volume 2825/2003.

(접수일 2011. 07. 29, 심사일 2011. 08. 11, 심사완료일 2011. 08. 12)