

영역분할에 의한 SLI와 벡터 지도 간의 건물영역 일치도 향상 Improvement of Building Region Correspondence between SLI and Vector Map Based on Region Splitting

이정호¹⁾ · 가칠오²⁾ · 김용일³⁾ · 유기윤⁴⁾

Lee, Jeong Ho · Ga, Chill O · Kim, Yong Il · Yu, Ki Yun

Abstract

After the spatial discrepancy between SLI(Street-Level Imagery) and vector map is removed by their conflation, the corresponding building regions can be found based on SLI parameters. The building region correspondence, however, is not perfect even after the conflation. This paper aims to improve the correspondence of building regions by region splitting of an SLI. Regions are initialized by the seed lines, projection of building objects onto SLI scene. First, sky images are generated by filtering, segmentation, and sky region detection. Candidates for split lines are detected by edge detector, and then images are splitted into building regions by optimal split lines based on color difference and sky existence. The experiments demonstrated that the proposed region splitting method had improved the accuracy of building region correspondence from 83.3% to 89.7%. The result can be utilized effectively for enhancement of SLI services.

Keywords : Conflation, SLI, Spatial discrepancy, Region splitting, Building correspondence

초 록

SLI(Street-Level Imagery)와 벡터지도의 합성을 통해 두 데이터 간의 위치 편차를 제거한 후, SLI의 매개변수를 기반으로 두 데이터의 대응되는 건물영역을 찾을 수 있다. 그러나 합성 이후에도 여러 요인으로 인하여 건물영역이 완전히 일치하지는 않는다. 본 연구는 영상의 영역분할을 통해 두 데이터 간의 건물영역 일치도를 향상시키는 것을 목적으로 한다. 합성을 통해 생성한 벡터 지도의 건물 객체를 SLI 영상에 투영한 선을 영역분할의 초기 정보로 사용한다. 우선, 필터링, 분할(segmentation), 하늘영역 탐지를 통해 하늘 영상을 생성한다. 그리고 에지 검출자를 통해 건물 분리 후보선을 추출한 후, 색상 차이와 하늘정보를 함께 활용하여 건물 최적분리선을 추출함으로써 보다 정확한 건물영역으로 분할한다. 실제 데이터에 대한 실험 결과, 영역 분할을 통해 건물영역 일치 정확도가 83.3%에서 89.7%로 향상된 것을 확인하였다. 본 연구의 성과는 SLI 서비스를 강화하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

핵심어 : 합성, SLI, 위치 편차, 영역 분할, 건물 일치

1. 서 론

다양한 목적으로 구축된 공간정보 데이터들은 현재 공공부문은 물론 민간부문에서도 사회 전반에 걸쳐 널리 활용되고 있다. 최근에는 모바일기기의 확산으로 공간정보

데이터에 대한 접근성이 그 어느 때보다 용이해졌으며 공간정보 데이터의 수요와 활용이 더욱 증대되고 있다. 이러한 요구에 대응하기 위하여 새로운 공간정보 데이터의 생성 및 기 구축된 공간정보 데이터의 갱신을 수행하고 있지만, 이는 많은 시간과 비용을 수반하는 비효율적인

1) 정희원 · 서울대학교 공학연구소 선임연구원(E-mail:ilome79@snu.ac.kr)
2) 교신저자 · 서울대학교 건설환경공학부 박사과정(E-mail:crow75@snu.ac.kr)
3) 정희원 · 서울대학교 건설환경공학부 교수(E-mail:yik@snu.ac.kr)
4) 정희원 · 서울대학교 건설환경공학부 부교수(E-mail:kiyun@snu.ac.kr)

방법이며 근본적인 해결 방안이 되기에는 한계가 있다.

공간정보 데이터셋 간의 합성(conflation)은 이 같은 한계를 극복할 수 있는 대안이 될 수 있다. 합성은 개별 데이터셋의 정확도는 유지하면서 상호간에 공간적 불일치를 제거하여 결합함으로써 개별 데이터셋보다 더 우수한 데이터를 생성하는 과정이다(Song 등, 2011; Yuan 등, 1999; Cobb 등, 1998). 합성을 통해 생성한 데이터는 위치 및 속성 정보의 갱신, 자동 주기 표현(annotation), 새로운 데이터셋의 생성 등 다양한 목적으로 활용될 수 있는 장점이 있다. 그러나 합성을 수행하는데 있어 데이터 상호간의 위치 편차(spatial inconsistency)를 반드시 고려해야 한다. 이는 실제계의 특정 객체가 취득 방법, 좌표계, 투영변환, 표현 방법 등의 차이로 각 공간정보 데이터셋에서 서로 다른 위치에 표현되어 발생한다(Chen 등, 2006; Samal 등, 2004). 위치 편차를 포함한 채 합성을 수행하면, 정보를 인지하는데 있어 혼란을 초래할 수 있으며 정확한 위치 및 속성 정보의 결합을 기대하기 어렵다. 따라서 공간정보 데이터셋 간의 합성을 수행하는데 있어 위치 편차의 제거는 핵심 프로세스라 할 수 있다.

한편, 최근 포털 사이트들은 고해상도 위성영상, 실시간 교통정보 등과 더불어 거리상에서 촬영된 파노라마 영상(Street-Level Imagery, 이하 SLI) 서비스를 제공하고 있다. SLI는 기존 공간정보 데이터와 달리 인간이 거리상에서 실제계를 바라보는 것과 동일한 모습으로 매우 현실감 있는 정보를 제공한다. 대표적인 SLI 서비스로는 Google Streetview(구글, 2012), Daum Roadview(다음, 2012) 등이 있으며, 다양한 목적으로 활용할 수 있도록 Open API(Application Programming Interface)가 함께 제공되고 있다.

SLI는 이미 독립적으로도 매우 유용하게 서비스 되고 있지만, 타 공간정보 데이터셋과의 합성을 통하여 그 활용성이 더욱 증대될 수 있다. 예를 들어 벡터 지도와의 합성을 통하여 단순히 영상만 제공하는 SLI 서비스에 벡터 지도의 속성 정보를 전이시킴으로써 특정 장면(scene)에서 보이는 건물에 주소, 상점 정보 등을 맵핑할 수 있다. 또한, SLI는 상세한 시각적 정보를 포함하므로 벡터 지도의 갱신, 랜드 마크 추출, 도로 시설물 및 간판 정보 수집 등 현장조사가 필요한 분야에 유용하게 활용될 수 있다.

SLI와 벡터 지도간의 합성은 상호 간의 수직적 위치 편차를 제거하여 SLI가 촬영된 위치를 벡터 지도상에 올바르게 위치시키는 과정(수직적 위치 편차 제거)과 벡터 지도상의 건물 객체와 SLI 영상에 포함된 대응되는 건물영역을 탐지하는 과정(건물영역 일치)을 포함한다. 상호간

의 위치 편차가 최소화된 합성 지도에서는 SLI의 촬영 중심이 어느 정도 올바른 위치에 안착된다. 따라서 특정 SLI 영상에서 보이는 건물과 합성 지도상에서 대응되는 건물 객체를 탐지할 수 있다. 그러나 벡터 지도를 구축하는 과정에서 발생하는 건물 객체의 형상 오차 및 완전히 제거되지 않은 위치 편차로 인하여 두 데이터의 건물영역이 정확하게 일치하지는 않는다(가칠오 등, 2012).

본 연구에서는 SLI 영상과 벡터 지도의 정확한 정보 결합을 위하여 영상의 영역분할을 통하여 두 데이터 간의 건물영역 일치도를 향상시키는 것을 목적으로 한다. SLI 영상은 다른 영상들과 비교하여 SLI만의 특수한 성질이 있다. 예를 들면 지상에서 촬영되었기 때문에 항공사진 또는 위성영상과는 전혀 다른 특성(예. 건물 왜곡 형태)을 나타낸다. 또한 SLI는 주로 맑은 날 낮에 촬영 되므로 일반적인 지상 촬영 영상과는 다른 분광 특성을 보인다. 한편, 벡터 지도와의 합성을 통해 건물영역에 대한 초기 분할 정보를 활용할 수 있다는 특성이 있다. 이와 같은 이유로 본 논문에서는 기존의 여러 가지 영상 처리 알고리즘을 SLI 특성에 맞게 최적화하여 적용함으로써 건물영역을 분할하였다. 우선, SLI의 건물영역 분할을 위하여 SLI와 벡터 지도의 합성을 통해 합성지도를 생성한 후, 벡터 지도의 건물 객체로부터 Isovist 영역(Davis and Benedikt, 1979)에 의해 추출된 SLI 상의 건물영역 경계를 영역분할의 초기 정보(시드선)로 사용한다. 영상의 영역분할을 위해 영상의 하늘 정보, 에지 정보, 다중채널 색상 정보를 통합적으로 활용한다. 구체적으로, 노이즈 필터링, 분할(segmentation), 하늘영역 탐지를 통해 하늘 영상을 먼저 생성한다. 에지 검출자와 허프변환(hough transform)을 통해 시드선 주변 영역 내에서 건물 분리 후보선을 추출한 후, 후보선을 기준으로 좌·우 화소의 색상 차이와 하늘정보를 함께 활용하여 분리도를 계산한다. 최대분리선들로부터 검증 단계를 포함하는 결정규칙에 따라 최적분리선을 추출함으로써 보다 향상된 건물영역으로 분할한다.

2. SLI와 벡터지도의 합성

2.1 수직적 위치 편차 제거

벡터 지도는 항공사진을 기반으로 도화를 통하여 구축되는 반면, SLI는 도로상에서 약 10m 간격으로 GPS, INS, 휠엔코더(wheel encoder) 등에 의해 계산된 위치 정보와 함께 취득된다(Anguelov 등, 2010). 따라서 SLI와 벡터지도 간에 합성에 있어서도 위치 편차 문제는 동일하게 발생하

기 때문에 이를 제거하여 특정 SLI의 촬영된 위치가 벡터 지도상에서 동일한 위치에 안착될 수 있도록 위치 동기화를 수행한다.

SLI와 벡터 지도 간의 수직적 위치 편차는 선행 연구(가칠오 등, 2012)에서 수행되었다. 그 과정은 (1) SLI 궤적과 벡터 지도의 도로 레이어 간에 교차로를 기준으로 공역점 쌍 추출, (2) 부정확한 공역점 쌍 필터링, (3) 정확한 공역점 쌍 기반의 러버시팅(rubber sheeting) 변환을 통한 위치 조정의 프로세스로 이루어진다. 그림 1은 위치 편차가 제거된 합성지도를 나타낸다. 이에 대한 자세한 설명은 가칠오 등(2012)의 논문을 참고한다.

2.2 합성지도와 SLI간의 건물 일치

그림1과 같이 SLI 궤적과 벡터 지도(도로 및 건물 레이어) 간의 위치 편차가 제거된 합성 지도에서는 SLI의 촬영 중심이 상당히 올바른 위치에 안착된다. 따라서 특정 SLI 영상에서 보이는 건물과 합성 지도상에서 대응되는 건물 객체를 찾을 수 있다.



그림 1. 위치 편차 제거 전 지도(좌)와 위치 편차 제거 후 합성지도(우)

이를 위해 우선, 그림 2와 같이 특정 SLI 영상에 대한 정보(위치, 방향, 시야각)를 활용하여 합성 지도상에서 2차원의 가시 공간인 Isovist 영역(Davis and Benedikt, 1979)을 탐색한다. 그리고 각 건물들과 탐색된 Isovist 영역이 접하는 경계선을 대상 SLI 영상에 투영함으로써 대응 건물의 수직적 범위를 설정한다.



그림 2. 합성 지도와 SLI 간의 대응 건물영역

하지만, 그림 2와 같이 벡터 지도를 구축하는 과정에서 발생하는 오차 및 완전히 제거되지 않은 위치 편차로 인하여 건물영역의 경계가 정확하게 일치되지 못하는 경우가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 SLI 영상과 벡터 지도의 정확한 정보 결합을 위하여 벡터 지도로부터 Isovist에 의해 추출된 건물영역의 경계를 초기 정보로 활용하여 SLI 영상에서 영역분할을 수행한다.

3. SLI의 건물영역 분할

3.1 하늘 영상 생성

하늘은 주변 상황에 따라 다양한 색상을 보인다. 하지만, SLI는 청명한 날씨와 낮 시간대에 주로 촬영이 이루어지기 때문에 대부분의 하늘은 흰색과 푸른색을 띄며 일부 구름을 포함하는 형태로 표현된다. 또한, SLI는 지상에서 촬영된 영상으로 하늘 영역을 탐지하는데 있어 전력선을 비롯한 다양한 요소가 노이즈로 작용할 수 있다. 본 연구의 하늘 탐지 과정은 전력선 제거, 영역 분할, 하늘 영역 탐지로 이루어진다.

3.1.1 전력선 필터링 및 영상 분할

전력선은 일반적으로 두께가 얇으며 검정색에 가까운 색상을 나타낸다. 이와 같은 색상정보와 형상정보를 바탕으로 모폴로지 필터의 개방연산을 적용하여 전력선을 제거한다. 개방연산은 수축연산에 이은 확장연산으로 이루어진다. 1차원 커널의 수축연산을 통해 전력선을 제거한 후, 영상의 왜곡을 최소화하기 위하여 확장연산을 적용한다. SLI 영상에서 전력선은 가로 방향으로 존재하는 경우가 많지만 촬영방향에 따라서 세로방향이나 대각선방향으로도 존재한다. 이에 본 연구에서는 1×5 커널을 적용한 후 5×1 커널을 적용하였다. 그림 3(a)와 (b)는 각각 전력선 제거 전과 후의 영상이다.

전력선을 제거한 후, 영상분할기법을 적용하여 영상을 색상정보가 유사한 영역들로 분할한다. Comanicu 등(2002)이 제안한 평균 이동 기반의 영상 분할(mean shift based image segmentation)을 컬러 영상에 적용하여 그림 3(c)와 같은 분할된 영상을 생성한다. 영상분할 과정에서 영역들의 병합을 위한 최소 영역 크기는 영상의 크기와 하늘의 크기를 고려하여 200(pixel)을 적용하였다.

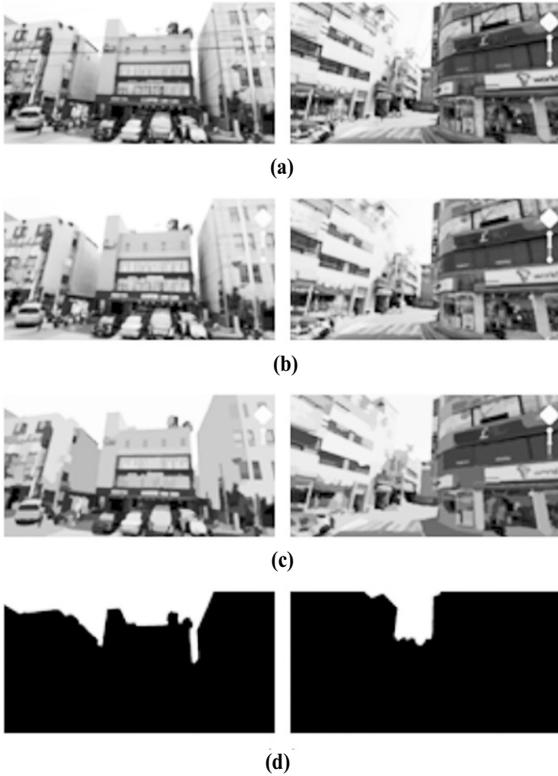


그림 3. 하늘 탐지 과정: (a) 원영상, (b) 전력선 제거 영상, (c) 영상 분할 결과, (d) 하늘 영역 이진 영상

3.1.2 하늘 영역 탐지

SLI의 하늘은 청명한 하늘이나 구름이 일부 포함된 하늘이 주를 이룬다. 청명한 하늘에서는 빛의 레일리 산란으로 푸른색 빛이 가장 잘 산란되고, 구름에서는 모든 색상들이 균등하게 산란되는 비선택적 산란이 일어난다(Lillesand and Kiefer, 2008; Neto, 2010). 한 편, Laungrunthip(2008)는 RGB, HSV, yCrCb, Lab 등의 다양한 컬러 공간을 이용하는 실험을 통해 blue 채널 값에서 청명한 하늘영역의 대비가 가장 우수하다고 하였다. 이에 본 연구에서는 청명한 하늘을 판단하기 위해서 식 (1)과 같이 정규 청색 지수를 적용하고 구름을 판단하기 위해서 식 (2)와 같이 밝기 지수를 이용한다.

$$B(s) = \frac{b-r}{b+r} + \frac{b-g}{b+g} + \frac{g}{255} \quad (1)$$

$$I(s) = \frac{r+g+b}{3} \quad (2)$$

여기서 s 는 화소를 의미하고, r, g, b 는 각각 red, green,

blue 채널 값을 나타낸다. $B(s)$ 또는 $I(s)$ 가 임계값보다 크면 하늘 영역으로 판단한다.

지상에서 촬영한 가시광선 채널 영상을 이용하여 하늘이나 구름을 탐지하는 연구들은 색상, 밝기, 위치, 형상정보를 활용한다(Li 등, 2012; Laungrunthip, 2008). 본 연구에서는 색상정보와 밝기정보에 의하여 하늘 영역을 탐지한 후 위치정보와 형상정보를 추가로 활용하여 최종 구름 영역을 추출한다. 지상촬영 영상에서 하늘과 구름은 영상의 상단에 위치할 가능성이 매우 높다. 따라서 분할된 영상의 영역들에 대하여 위치정보를 바탕으로 그 경계가 영상의 최상단에 위치하는 영역만 하늘 영역으로 선택한다.

색상이나 밝기가 하늘과 유사한 건물영역이 영상의 상단에 존재할 경우 하늘로 잘못 탐지될 수 있다. 영역의 형상정보를 바탕으로 이와 같은 오류를 제거한다. 건물 벽면 영역은 창문으로 인하여 영역 내부에 홀(hole)이 포함될 가능성이 높다. 따라서 영역의 면적에 대한 홀의 면적 비율에 의하여 하늘로 잘못 탐지된 건물영역을 제외시킨다. 그림 3(d)는 최종적으로 추출된 하늘 영역의 이진영상이다.

3.2 건물 분리 후보선 추출

합성 과정을 통해 두 데이터 간의 편차가 상당 부분 제거되었으므로 벡터 지도상의 건물 정보를 분리선 탐지의 초기값(seed line)으로 활용한다. 벡터 지도의 건물을 SLI에 투영하면 각 건물의 경계를 얻을 수 있으며 이는 SLI 영상에서 세로방향 직선이 된다(그림 4(a)). 이후 처리 과정은 각각의 seed line을 중심으로 좌우 방향으로 일정 거리의 버퍼 이내의 영역(그림 4(b), 이하에서 관심영역)에 대해서 개별적으로 진행된다.

건물 분리 후보선은 에지 탐지와 허프변환(hough transform)을 적용하여 추출한다. 본 연구에서 사용하는 영상은 다중 채널 영상이므로 캐니 에지 연산자(Canny, 1986)를 다중 채널 정보를 반영할 수 있게 수정하여 적용한다. 구체적으로, 멀티채널 영상의 에지 강도 $G(x,y)$ 를 식 (3)과 같이 계산한다.

$$G(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^3 G^i(x,y)}{\max(\sum_{i=1}^3 G^i(x,y))} \quad (3)$$

여기서 $G^i(x,y)$ 는 $i(=1, 2, 3)$ 채널 영상에서의 에지 강도로서 식 (4)와 같이 계산된다.

$$G^i(x,y) = \sqrt{G_x^i(x,y)^2 + G_y^i(x,y)^2} \quad (4)$$

여기서 $G_x^i(x,y)$ 와 $G_y^i(x,y)$ 는 각각 x 방향과 y 방향의 기울기(1차 미분)이다. 그림 4(c)는 캐니 연산자를 통해 추출된 에지 영상의 예이다.

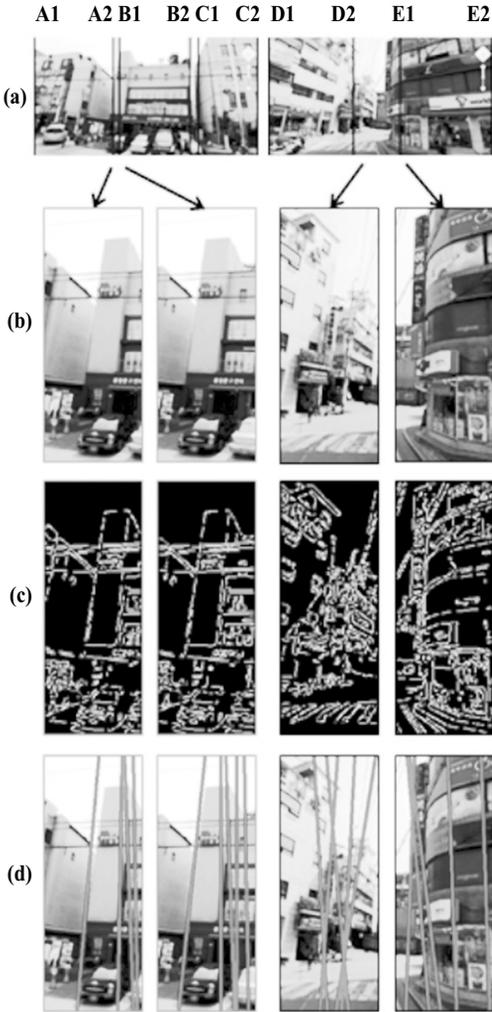


그림 4. 건물 영역 분리 후보선 추출 과정: (a) 시드선, (b) 관심영역 영상, (c) 에지 영상, (d) 분리 후보선

추출된 에지들로부터 보다 유용한 직선들만을 찾기 위하여 허프변환(Hough Transform, Duda 등, 1972)을 적용한다. 허프변환은 식 (5)에 의하여 영상 공간에서의 한 점 (x,y) 을 ρ, θ 로 구성되는 매개변수 공간에서의 한 직선으로 대응시킨다.

$$\rho = x \cos\theta + y \sin\theta \quad (5)$$

지상에서 촬영된 SLI의 특성 상 세로 방향과 유사한 선에 의하여 영상을 건물 단위로 분할할 수 있다. 따라서 허프변환을 수행할 때 직선의 방향(θ)에 대한 제약 조건을 설정한다. 본 연구의 실험에서는 모든 실험 영상에 대하여 $-15^\circ \leq \theta \leq 15^\circ$ 의 조건을 적용하였다. 그림 4(d)는 허프변환을 적용하여 생성한 건물 분리후보선을 나타낸다.

3.3 최적분리선 추출

분리후보선 들을 기준으로 색상 차이와 하늘 정보를 활용하여 최적의 분리선을 추출한다. 관심영역 컬러 영상에서의 색상 차이를 활용하기 위하여 RGB 색상 체계를 균등 색공간 체계인 CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB) 체계로 변환한다. L 은 1~100 범위의 값을, a 와 b 는 -128~127의 값을 갖는다. 그림 5와 같이 하나의 후보선을 따라 세로방향으로 이동하면서 후보선 양쪽의 색상 차이를 계산한다. i 후보선의 분리도는 식 (6)과 같이 후보선의 좌측과 우측의 색상 차이를 기반으로 계산된다.

$$D_i = \frac{\sum_{j=1}^N \|V_{ij}^L - V_{ij}^R\|}{N - N_c} \quad (6)$$

여기서 V_{ij}^L 와 V_{ij}^R 는 각각 i 후보선 좌측과 우측의 j 행 화소 5개에 대한 Lab공간에서의 평균벡터를 의미한다. N 은 영상의 행의 크기이고 N_c 는 후보선 좌측과 우측 화소가 모두 하늘인 행의 개수이다.

위와 같이 분리도를 계산할 때 컬러 영상의 색상 정보와 함께 3.1에서 생성한 하늘영상을 함께 활용한다. 분리선을 기준으로 좌측과 우측 중 한쪽만 구름일 경우 건물의 경계일 가능성이 높으므로 분리도를 크게 조정해주는 것이 건물영역 분리에 유리하다. 양쪽 모두 하늘일 경우로 인하여 분리도가 과소 추정될 수 있으므로 이 부분

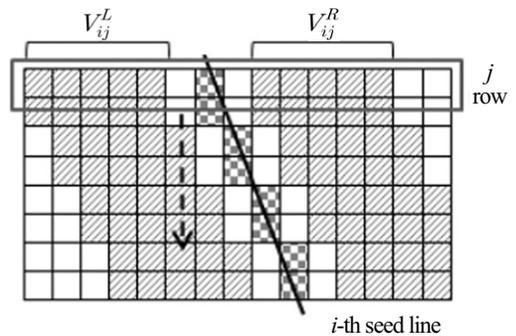


그림 5. 분리후보선의 분리도 계산

을 계산에서 제외시켜야 한다. 이와 같은 하늘 정보를 반영하기 위하여 후보선의 좌측과 우측 화소들 중에서 하늘인 화소가 존재하면 다음과 같이 계산한다. 양쪽 모두 하늘일 경우 벡터 차이의 norm을 0으로 하고 한쪽만 하늘일 경우 norm을 256으로 한다. 이 값은 각각 CIELAB 색체계 공간에서 최소 거리와 최대 거리이다.

분리후보선들 중에서 분리도가 최대인 최대분리선을 계산한 후, 그림 6과 같은 결정 규칙에 의하여 최적분리선을 추출한다. 건물과 건물 사이에는 2개(i, j)의 시드선이 존재하지만 SLI 상에서는 촬영방향에 따라 2개의 건물이 붙어있을 수도 있다. 따라서 1개(그림 7(a)) 또는 2개(그림 7(b))의 최적분리선을 추출한다. 건물과 건물 사이가 아닌 곳에서는 1개의 시드선이 존재하며, 최적분리선도 1개를 추출한다.

그림 6에서 m_i^1, m_i^2 는 각각 i 시드선의 관심영역에서 계산한 1순위와 2순위 최대분리선을 의미한다. '검증' 단계는 최대분리선의 분리도(D_i)와 한쪽만 하늘인 행의 개수(N_c)가 임계값보다 큰 지를 조사하는 과정이다. 그림 7(a)의 경우, 최대분리선 m_i^1 와 m_j^1 이 동일하므로 2순위인 m_i^2 와 m_j^2 에 대하여 검증을 하였으나 둘 다 조건을 만족하지 못하여 최적분리선이 1개만 추출된다. 그림 7(b)의 경우, 1순위 최대분리선 2개가 서로 다르기 때문에 그 두 선이 최적분리선으로 추출된다.

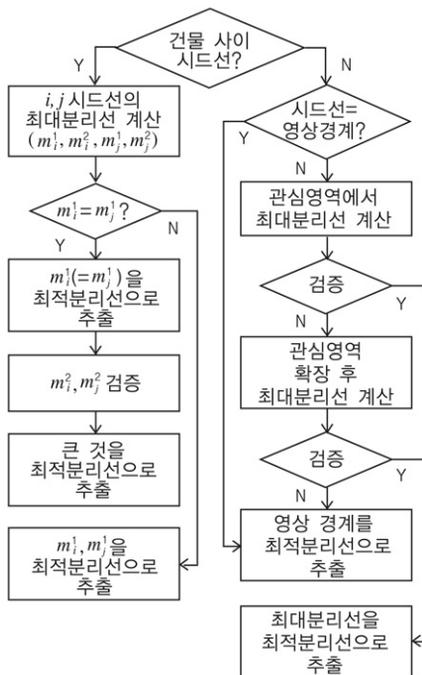


그림 6. 최적분리선 추출 규칙 흐름도

4. 실험 및 결과

4.1 데이터 및 적용

실험 데이터로는 현재 국내 대부분의 도로를 대상으로 서비스하고 있는 다음 로드뷰(SLI)와 도로명 전자지도의 건물 및 도로 레이저(벡터지도)를 사용하였다. 서울시 관악구 일부 지역의 28개 SLI 영상의 58개 건물을 대상으로 하였으며 이곳은 중소형 상가 건물이 밀집된 지역이다.

하늘 탐지에서 $B(s)$ 와 $I(s)$ 는 각각 청명한 하늘과 구름을 탐지하기 위한 지수로서 임계값은 일부 영상의 특성을 분석하여 각각 1.1과 240을 적용하였다. 본 연구에서 사용한 영상은 주로 맑은 날의 낮 시간에 촬영된 것들이다. 따라서 맑지 않은 날씨에서 촬영된 데이터를 사용할 경우 $B(s)$ 와 $I(s)$ 에 대한 임계값을 조금 더 작게 조정해야 할 것이다. 버퍼 크기는 시드 선을 기준으로 좌우 방향으로 영상 가로 크기의 1/10을 적용하였다. 검증단계에서 최대분리선의 분리도(D_i)와 한쪽만 하늘인 행의 개수(N_c)의 임계값은 각각 100, 100을 적용하였다. 그림 8은 건물영역 분할 결과가 우수한 예이고 그림 9는 불량한 예이다. 두 그림에서 왼쪽 열은 시드선에 의한 건물영역을, 오른쪽 열은 최적분리선에 의한 건물영역을 나타낸다.

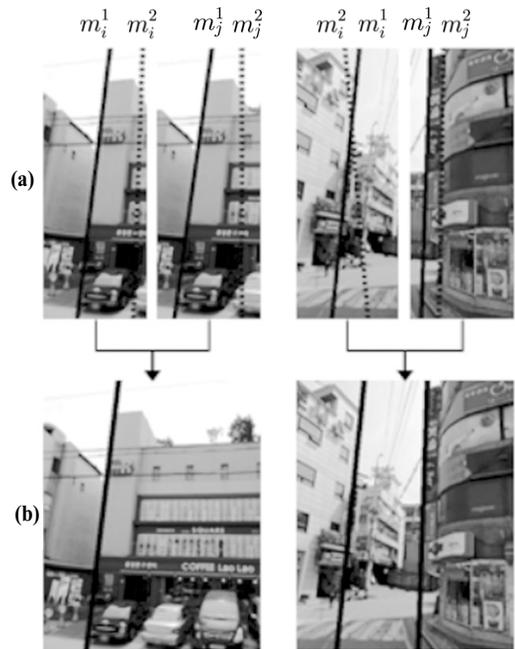


그림 7. 건물 사이의 시드선에 대한 최적분리선 추출 과정:
(a) 최대분리선 1순위(실선: m_i^1, m_j^1)와 2순위(점선: m_i^2, m_j^2),
(b) 선택된 최적분리선

4.2 평가 및 분석

정량적 평가를 위하여 SLI 원영상을 시각적으로 판독하여 사각형 영역의 참조 데이터를 생성하였다. 이를 최적분리선에 의한 건물영역과 중첩한 후 각각의 면적과 중첩면적을 기반으로 완성도(completeness), 부합도(correctness), 전체 정확도(overall accuracy) 등을 계산하였다. 또한 시드선에 의한 분할영역에 대해서도 같은 방법으로 건물영역 일치도를 계산하였다. 표 1은 건물영역 일치도에 대한 정확도 평가 결과를 나타낸다.

표 1. 건물영역 일치도 정확도 평가

항 목	전체 (58개)		시드가 양호하지 않은 경우 (19개)	
	최적분리선	시드선	최적분리선	시드선
완성도	0.966	0.881	0.904	0.719
부합도	0.926	0.938	0.858	0.859
정확도	89.68%	83.28%	78.64%	64.29%

전체 실험 데이터에 대한 건물영역 일치도를 살펴보면 정확도가 83.28%에서 89.68%로 향상되었다. 그림 8은 건물영역 분할 결과가 우수한 예이다. 하늘영상을 생성한 후 이를 분리도 계산에 반영함으로써, 하늘과 건물의 색상 차이가 크지 않은 경우에도 최적분리선을 올바르게 추출할 수 있었다. 최적분리선 추출 과정에 검증 단계를 포



그림 8. 건물영역 분할의 우수한 결과; (좌측) 시드선, (우측) 추출한 최적분리선

함함으로써, 건물이 붙어있는 것으로 나타나는 경우에 분리선을 1개만 추출할 수 있었다. 한편, 노이즈 필터링을 통해 전력선을 제거함으로써 전력선이 존재하는 경우에도 건물영역을 잘 분할할 수 있었다.

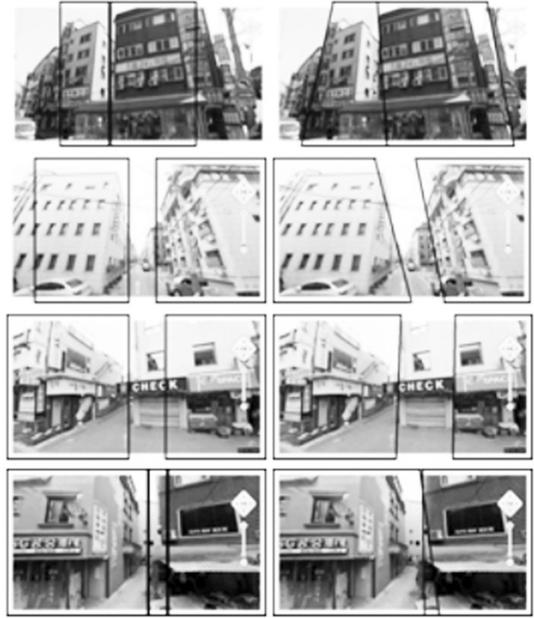


그림 9. 건물영역 분할의 불량한 결과; (좌측) 시드선, (우측) 추출한 최적분리선

합성과 투영을 통해 생성한 시드선을 초기정보로 활용함으로써 시드선이 양호한 경우에는 매우 안정적인 최적분리선이 추출되었다. 그러나 시드선이 양호하지 않은 경우(시드선의 정확도가 80% 이하, 19개 건물)에는 정확도가 64.29%에서 78.64%로 향상되어 정확도 향상에 한계가 있었다. 즉, 최종 영역 분할 결과가 시드선에 의하여 강하게 영향을 받는 한계가 있었다. 이는 본 연구의 방법이 시드선을 기준으로 일정 크기의 관심영역 내에서 최적분리선을 찾았기 때문이다. 관심영역의 버퍼 크기를 늘림으로써 시드선에 의한 문제를 어느 정도 극복할 수 있겠지만, 노이즈에 의한 영향도 커지게 되므로 이에 대한 고려가 필요할 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 SLI와 벡터 지도 간에 합성 서비스를 제공하는데 있어, 상호간의 정확한 정보 결함을 위하여 건물을 대상으로 일치도 향상 기법을 제안하였다. 이를 위

해 두 데이터 간에 수직적 위치 편차가 제거된 합성 지도로부터 SLI 영상 내 초기 건물 분리선을 기반으로 하늘 정보, 에지 정보, 색상 정보 등을 종합적으로 고려한 영상 분할 기법을 적용함으로써 건물 영역의 최적분리선을 추출하였다. 실험 결과, 최적분리선을 통한 건물 영역 일치 정확도(89.68%)는 수직적 위치 편차만을 제거한 경우(83.28%)에 비하여 약 10% 향상되었으며, 이 수치는 SLI 영상에서 상당히 향상된 시각적 결과를 나타내었다. 본 연구의 성과는 SLI를 다른 공간 데이터와의 합성을 통한 새로운 서비스를 창출하는데 효과적으로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 구글, 2012, <http://maps.google.co.kr>
- 다음, 2012, <http://local.daum.net>
- 가철오, 이정호, 양철형, 유기윤 (2012), SLI(Street-level Imagery)와 2D 지도간의 합성을 위한 위치 편차 제거, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제20권, 제2호, pp. 63-71.
- Anguelov, D., Dulong, C., Filip, D., Frueh, C., Lafon, S., Lyon, R., Ogale, A. S., Vincent, L., and Weaver, J. (2010), Google Street View: Capturing the World at Street Level, *IEEE Computer*, IEEE, Vol. 43, No. 6, pp. 32-38.
- Canny, J. (1986), A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE, Vol. 8, pp. 679-698.
- Chen, C. C., Knoblock, C. A., and Shahabi, C. (2006), Automatically Conflating Road Vector Data with Orthoimagery, *GeoInformatica*, Vol. 10, No. 4, pp. 495-530.
- Cobb, M. A., Chung, M. J., Foley III, H., Petry, F. E., and Shaw, K. B. (1998), A Rule-based Approach for the Conflation of Attributed Vector Data, *GeoInformatica*, Kluwer Academic Publishers, Vol. 2, No. 1, pp. 7-35.
- Comanicu, D. and Meer, P. (2002) Mean shift: A robust approach toward feature space analysis, *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, IEEE, Vol. 24, pp. 603-619.
- Davis, L. S. and Benedikt, M. L. (1979), Computational Models of Space: Isovists and Isovist field", *Computer Graphics and Image Processing*, Elsevier Inc., Vol. 11, No. 1, pp. 49-72.
- Duda, R. O. and Hart, P. E. (1972), Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures, *Comm. ACM*, ACM, Vol. 15, pp. 11-15.
- Jung, J., Lee, S., Cho, M., and Kim, J. (2011), Touch TT: Scene Text Extractor Using Touchscreen Interface, *ETRI Journal*, ETRI, Vol. 33, No. 1, pp. 78-88.
- Laungrungthip, N. McKinnon, A. E., Churcher, C. D., Unsworth, K., Edge-based detection of sky regions in images for solar exposure prediction, *IEEE, IVCNZ 2008. 23rd International Conference*, IEEE.
- Li, Q., Lu, W., Yang, J., and James, Z. (2012), Thin Cloud Detection of All-Sky Images Using Markov Random Fields, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, IEEE, Vol. 9, No. 3, pp. 417-421.
- Lillesand and Kiefer, 2008, *Remote Sensing and Image Interpretation*, Jhon Wiley & Sons Inc., pp. 9-10.
- Neto, S. L. M., Wangenheim, A. V., Pereira, E. B., and Comunello, E. (2010), The use of Euclidean geometric distance on RGB color space for the classification of sky and cloud patterns, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, AMS, Vol. 27, No. 9, pp. 1504-1517.
- Samal, A., Seth, S. and Cueto, K. (2004), A Feature-based Approach to Conflation of Geospatial Sources, *International Journal of Geographical Information Science*, Taylor & Francis, Vol. 18, No. 5, pp. 459-489.
- Song, W., James M. Keller, Timothy L. Haithcoat, and Curt H. Davis (2011), Relaxation-Based Point Feature Matching for Vector Map Conflation, *Transactions in GIS*, Wiley, Vol. 15, No. 1, pp. 43-60.
- Yuan S. and Tao C. V. (1999), Development of Conflation Components, *Proceedings of Geoinformatics '99 Conference on Geoinformatics and Socioinformatics*, The Association of Chinese Professionals in GIS, Ann Arbor, Michigan, USA, June 19-21, 1999, pp. 579-591.