

SLI(Street-level Imagery)와 2D 지도간의 합성을 위한 위치 편차 제거 The Removal of Spatial Inconsistency between SLI and 2D Map for Conflation

가칠오* · 이정호** · 양성철*** · 유기윤****

Ga, Chillo · Lee, Jeung ho · Yang, Sung Chul · Yu, Kiyun

요 旨

최근 포털 사이트들을 중심으로 거리 기반의 파노라마 영상 서비스(Street-Level Imagery, SLI)가 제공되고 있다. SLI는 거리상에서 실세계를 바라보는 것과 동일한 영상으로 매우 직관적이고 상세한 정보 제공이 가능하다. 이러한 특성을 가지는 SLI는 타 공간정보와 합성을 통하여 활용성이 더욱 증대될 수 있다. 하지만, 서로 다른 공간정보 데이터셋을 합성할 경우 실세계의 동일 객체가 서로 다른 위치에 표현되는 위치 편차 문제는 합성의 품질을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 본 연구는 SLI를 현재 가장 널리 활용되고 있는 2D 지도와 합성하기 위한 상호간의 위치 편차 제거를 목표로 한다. 위치 편차 제거는 (1) 컨트롤 포인트 쌍 탐색을 위한 SLI 촬영 궤적과 2D 지도의 도로 레이어간 교차로 매칭, (2) 경향성 분석을 통한 부정확한 컨트롤 포인트 쌍 제거, (3) 정확한 컨트롤 포인트 쌍을 이용한 국지적 조정 등의 세부 프로세스를 포함한다. 또한, SLI를 포함하는 합성 결과에 적합한 정확도 평가 방법을 제시하고, 이를 통하여 위치 편차 제거의 효과를 검증한다.

핵심용어 : SLI(Street-Level Imagery) 영상, 2D 지도, 합성, 위치 편차, Isovist

Abstract

Recently, web portals have been offering georeferenced SLI(Street-Level Imagery) services, such as Google Streetview. The SLI has a distinctive strength over aerial images or vector maps because it gives us the same view as we see the real world on the street. Based on the characteristic, applicability of the SLI can be increased substantially through conflation with other spatial datasets. However, spatial inconsistency between different datasets is the main reason to decrease the quality of conflation when conflating them. Therefore, this research aims to remove the spatial inconsistency to conflate an SLI with a widely used 2D vector map. The removal of the spatial inconsistency is conducted through three sub-processes of (1) road intersection matching between the SLI trace and the road layer of the vector map for detecting CPPs(Control Point Pairs), (2) inaccurate CPPs filtering by analyzing the trend of the CPPs, and (3) local alignment using accurate CPPs. In addition, we propose an evaluation method suitable for conflation result including an SLI, and verify the effect of the removal of the spatial inconsistency.

Keywords : SLI(Street-Level Imagery), 2D Map, Conflation, Spatial Inconsistency, Isovist

1. 서 론

국가지리정보체계(National Geographic Information System, NGIS) 구축기본계획이 추진된 이후, 국가기반도 전산화사업에 따라 기존 지리정보의 디지털화 및 기관별의 각종 주제도 구축이 활성화되어 상당량의 수치

화된 공간정보 데이터가 구축되어 왔다. 하지만, 최근 무선 통신의 발달과 모바일 기기 확산 등으로 인하여 공간정보 데이터의 활용성과 수요가 급속히 증가함에 따라 기 구축된 데이터들만으로는 이러한 환경을 뒷받침하기 어려운 실정이다. 이를 위해 공공과 민간 부문에서는 기 구축된 공간정보 데이터의 강화 및 새로운

2012년 4월 26일 접수, 2012년 6월 12일 채택

* 정희원 · 서울대학교 대학원 건설환경공학부 박사과정(crow75@snu.ac.kr)

** 서울대학교 대학원 건설환경공학부 선임연구원(ilome79@snu.ac.kr)

*** 공간정보연구원 책임연구원(scyang@kscsc.or.kr)

**** 교신저자 · 정희원 · 서울대학교 건설환경공학부 부교수(kiyun@snu.ac.kr)

공간정보 데이터의 생성 등을 위해 노력하고 있지만, 이와 같은 접근 방법은 많은 시간과 비용을 수반하므로 근본적인 해결 방안이 되기에는 한계가 있다.

공간정보 데이터의 합성(conflation)은 이러한 공간정보 콘텐츠의 부족과 활용성의 한계를 극복하기 위한 하나의 좋은 대안이 될 수 있다. GIS 관점에서 합성은 개별 데이터의 정확도는 유지한 채 공간적 불일치를 제거하여 정보를 결합하는 것을 의미한다(Samal et al., 2004). 즉, 공간정보 데이터의 합성은 서로 다른 형태의 데이터셋들 간에 위치 편차(spatial inconsistency)를 제거하여 공간 및 속성 정보의 장점을 동시에 취하는 과정으로 볼 수 있다. 예를 들어, 래스터 형태의 위성 및 항공사진 등은 실세계 모습을 그대로 담고 있어 현실성이 높은 공간 정보 전달에 용이하지만, 관련 속성 정보를 제공하기에는 부적절하다. 이에 반하여 도로망도와 같은 벡터 데이터는 실세계의 도로를 추상화하여 표현함으로써 현실성이 높은 정보를 제공하기는 어렵지만, 다양한 속성 정보 제공 및 공간 분석이 용이한 장점을 가지고 있다. 이러한 데이터셋들 간의 위치 편차를 최소화하여 합성을 수행하면 두 데이터가 가진 장점을 모두 취할 수 있다. 현재 이와 같은 서비스의 대표적인 예로 Figure 1과 같이 민간 포털에서 제공하고 있는 항공사진과 도로지도의 합성 지도를 들 수 있다.

이러한 장점을 제공할 수 있는 공간정보 데이터셋들 간의 합성에 있어 가장 문제가 되는 것은 상호간에 발생하는 위치 편차이다. 실세계에 존재하는 특정 객체는 이를 표현한 각 공간정보 데이터셋에서 동일한 위치에 표현되어야 하지만 데이터셋의 취득 방법, 표현 방법, 좌표계, 투영 변환 등의 차이로 인하여 서로 다른 위치에 표현되어 편차가 발생한다(양성철과 유기윤, 2009; Chen et al., 2006; Samal et al., 2004). 이러한 위치 편차를 포함한 채 합성을 수행하면 정보를 인지하는데 있어 혼란을 초래할 수 있으며 이에 기반한 분석의 결과는 그 정확성을 기대할 수 없다. 따라서 공간정보 데

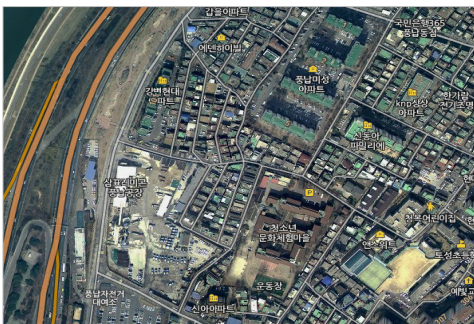


Figure 1. Example of a conflation map service



Figure 2. Example of an SLI scene

이터셋 간에 합성을 수행하기 위해서는 반드시 위치 편차의 제거가 선행되어야 한다.

최근 웹 포털 사이트들은 거리상에서 주행 및 보행을 통하여 실사 촬영된 위치기반의 파노라마 영상(Street-Level Imagery, 이하 SLI) 서비스를 제공하고 있다(네이버, 2012; 다음, 2012a; 구글, 2012; 마이크로소프트, 2012). SLI는 기존 수치지형도, 항공사진 등의 공간정보 데이터와 달리 사용자가 거리상에서 실세계를 바라보는 것과 동일한 영상으로 해당 위치에 대한 가장 현실감 있는 정보를 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다(Figure 2). 이와 같은 SLI는 타 공간정보 데이터셋과 합성을 통해 더욱 효과적인 서비스 제공 및 다양한 용도로 활용이 가능하다. 예를 들어, 2D 지도와의 합성은 2D 지도의 풍부한 속성 정보의 전이를 통하여 자동 주기 표현(annotation)으로 SLI 서비스를 강화할 수 있으며, SLI의 상세한 시각적 정보는 2D 지도의 검색 서비스 강화 및 변경 여부를 파악하는데 활용될 수 있다. 또한, SLI에서의 간판 정보는 현재 상당부분을 실사조사에 의존하고 있는 POI(point of interest) 데이터 구축에도 매우 효과적으로 활용될 수 있다.

하지만, 이와 같이 다양한 활용성을 기대할 수 있는 SLI와 2D 지도의 합성에도 위치 편차 문제가 발생한다. 일반적으로 2D 지도는 항공사진을 기반으로 도화를 통하여 구축되는 반면, SLI는 GPS(Global Positioning System), INS(Inertial Navigation System), wheel encoder 등의 센서에 의해 약 10m 간격으로 위치정보가 측정되며, 이 위치정보와 쌍으로 구축된다(Anguelov et al. 2010). 그러므로 이들 데이터셋을 단순히 합성하면 도로상에서 취득된 SLI의 촬영 위치가 2D 지도상에서 건물 또는 하천 위에 놓일 수 있으며, 2D 지도상에서 선택된 위치에 대응하는 SLI 영상은 다른 위치의 장면(scene)을 나타낼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 SLI와 현재 활용성이 가장 높은 2D 지도 간의 합성을 위한 위치 편차 제거를 목적

$$CPPs = \left\{ \begin{array}{l} |condition 1: \sqrt{(Nx_i^s - Nx_j^r)^2 + (Ny_i^s - Ny_j^r)^2} < \Delta d \\ (N_i^s, N_j^r) | condition 2: degree(N_i^s) == degree(N_j^r) \\ |condition 3: \arg \min \left\{ \sum \arccos \left(\frac{NL_{i-m}^s \cdot NL_{j-n}^r}{|NL_{i-m}^s| |NL_{j-n}^r|} \right) \right\} \end{array} \right\} \quad (1)$$

으로 한다. 이를 위해 본 연구는 SLI 촬영 궤적과 2D 지도의 도로 레이어간의 교차로 매칭을 통한 컨트롤 포인트 쌍 탐색, 탐색된 컨트롤 포인트 쌍들의 경향성 분석을 통한 부정확한 컨트롤 포인트 쌍 제거, 그리고 정확한 컨트롤 포인트 쌍을 이용한 국지적 조정의 프로세스를 포함한다. 또한, SLI를 기반으로 한 합성 결과의 정확도를 평가하기 위한 기법을 함께 제시한다.

2. SLI와 2D 지도 간의 위치 편차 제거

본 연구에서는 도로상에서 연속적으로 위치와 영상이 쌍으로 구축되는 SLI 특성을 이용하여 SLI 촬영 궤적을 기준으로 2D 지도의 건물 레이어의 위치를 조정하여 편차가 제거된 합성 지도를 생성한다. 이러한 합성 지도에서는 특정 위치와 방향의 SLI scene에서 보이는 건물에 대응하는 건물 객체 탐색이 가능하게 된다. 이를 위한 본 연구의 전체적인 프로세스는 Figure 3과 같다. 우선, 두 데이터셋에서 동일 객체 즉, 컨트롤 포인트 쌍(Control Point Pairs, 이하 CPPs)을 탐색하기 위하여 SLI 촬영 궤적과 2D 지도의 도로 레이어 간에 교차로를 기반으로 매칭을 수행한다. 그리고 탐색된

CPPs를 대상으로 정확한 CPPs만을 탐색하기 위해 필터링 과정을 수행한다. 마지막으로 정확한 CPPs를 기반으로 국지적인 러버쉬팅(rubber-sheeting) 변환을 수행하여 위치를 조정함으로써 SLI 궤적과 건물 레이어의 합성 지도를 생성한다.

2.1 컨트롤 포인트 쌍 탐색

합성을 수행하기 위한 가장 첫 번째 단계는 두 데이터셋에 존재하는 동일 객체의 탐색이다. 합성을 위한 전체적인 위치 조정은 이 탐색된 동일 객체들을 CPPs로 활용하여 변환을 수행함으로써 이루어진다. 따라서 정확한 CPPs의 탐색은 위치 편차 제거와 합성의 품질을 높이기 위한 매우 중요한 단계이다.

CPPs 탐색 과정에서 도로 교차로는 연결된 도로들과 매칭을 위한 위상정보 구축이 용이하며 공간적으로 고무 분포하기 때문에 좋은 후보 객체가 될 수 있다(Chen et al., 2006). SLI는 도로상에서 주행 또는 보행을 통하여 촬영된 영상으로 SLI의 촬영 궤적은 도로의 형상을 반영한다. 따라서 본 연구에서는 SLI 촬영 궤적과 2D 지도의 도로 레이어 간에 동일 교차로 쌍을 탐색하고, 이를 CPPs로 활용하여 위치 조정을 수행한다.

우선, 단순 선형 형태의 SLI 촬영 궤적과 도로 레이어를 Figure 4와 같이 위상정보를 갖는 네트워크 구조로 변환한다. 네트워크 구조는 도로가 교차하는 지점에 교차로 노드를 생성하고 노드와 노드를 시·중점으로 갖는 도로 링크로 구성된다. 교차로 노드는 매칭을 위한 속성 정보로서 노드 ID, 연결된 도로 링크의 ID, 연결된 도로 링크의 수, 연결된 도로 링크의 각도, 그리고 위치 정보 등을 갖도록 구성한다.

각 데이터셋 상에서 동일 객체는 데이터의 특성 및 목

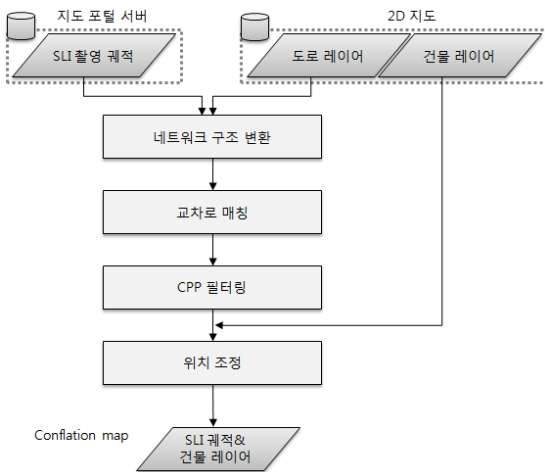


Figure 3. Flowchart of proposed process



Figure 4. Conversion to network structures

적에 따라 기하학적(geometric), 위상학적(topological), 그리고 속성(contextual) 정보를 활용하거나 이들을 조합하여 적용함으로써 탐색이 가능하다(Saalfeld, 1988; Filin and Doytsher, 2000; Xiong, 2000). 본 연구에서는 식 1과 같이 교차로 간의 근접성, 연결 링크 수, 연결 링크들 간 각도의 유사도 등 3개의 조건을 순차적으로 적용하여 CPPs를 탐색하였다.

실세계의 특정 객체는 두 데이터 셋에서 위치 편차가 존재하더라도 서로 유사한 위치에 존재하게 된다. 따라서 SLI 촬영 궤적 교차로(N_i^s)를 기준으로 임계 거리(Δd) 내에 존재하는 모든 도로 레이어 교차로(N_j^r)들을 탐색한다(condition1). 이때 임계 거리는 두 데이터셋 간에 샘플 CPPs의 평균 위치 편차의 두 배로 설정하였다. 첫 번째 조건으로 선정된 후보 교차로들을 대상으로 각 교차로에 연결된 링크 수를 비교하여 동일하지 않은 교차로는 제외한다(condition2). 마지막으로 대상 교차로에 연결된 링크들(NL_{i-m}^s, NL_{j-n}^r)간에 이루는 각도 차 정보(condition3)의 위상학적 특성을 활용하여 최종적으로 CPPs를 추출하였다.

Figure 5에서 SLI 촬영 궤적 교차로(N_i^s)의 대상 교차로 탐색 과정은 조건 1을 통하여 임계 거리를 벗어나는 도로 교차로(N_1^r)가 제외되고, 조건 2에 의해 연결 링크 수가 다른 교차로(N_2^r)가 제외된다. 마지막으로 조건 3에 의해 연결 링크 간 각도 차이의 합이 최소가 되는 교차로(N_3^r)가 대상 교차로로 선정되어 CPP(N_i^s, N_3^r)를 구성한다.

2.2 컨트롤 포인트 쌍 필터링

탐색된 CPPs 중에는 유사한 위상 구조를 갖는 교차로들이 인접해 있는 경우 또는 교차로의 위치 오차 등

으로 인하여 오매칭된 CPPs가 포함되어 있을 수 있다. 합성 지도를 생성하기 위한 위치 조정(alignment)은 탐색된 CPPs를 통하여 수행되기 때문에 오매칭된 CPPs의 활용은 결과적으로 합성의 정확도를 떨어뜨리는 원인이 된다. 따라서 위치 조정을 수행하기에 앞서 오매칭된 CPPs는 반드시 제거되어야 한다. 한편, 두 데이터셋 간에 발생하는 위치 편차의 원인 중에서 서로 다른 타원체 및 투영 방법은 가장 큰 영향을 미친다. 비록 이러한 원인으로 발생하는 위치 편차의 방향성과 크기는 일정하지 않으나 어느 정도 경향성을 나타내는 특성을 가지고 있다(Chen et al. 2006). 따라서 탐색된 CPPs들의 경향성 분석을 통하여 오매칭된 CPPs 및 경향성과 큰 차이를 보이는 CPPs를 제거한다.

각 CPP는 두 데이터셋의 교차로 간 편차의 방향성과 크기로 그 특성을 파악할 수 있으므로 경향성에서 벗어나는 CPP를 제거하기 위하여 본 연구에서는 MAF(Median Angle Filter)와 MLF(Median Length Filter)로 구성되는 MFF(Median Flow Filter)(Chen et al., 2010)를 적용하였다. 각에 대한 경향성 정보를 활용하는 MAF 필터는 모든 CPP들을 도로 레이어 교차로와 SLI 궤적 교차로를 각각 시·중점으로 하는 벡터로 구성하고, Figure 6(a)과 같이 시점을 일치시키면 CPPs의 편차 각에 대한 경향성을 파악할 수 있다. 우선, 경향성을 대표하는 중앙값은 이상치(outlier)에 의해 영향을 받으므로 박스 플롯(box-whisker plot)을 통해 1.5 IQR(Inter-Quartile Range : $Q3-Q1$) 범위 밖의 이상치를 제거한다. 이상치가 제거된 위치 편차 벡터들의 중심각 벡터(x_{AM})는 식 2와 같이 나머지 벡터들과의 각 차의 합이 최소가 되는 벡터로 정의되며, 이 중심각 벡터와의 차가 허용 범위를 벗어나는 위치 편차 벡터는 제거된다(식 3). 여기서 오차 허용 범위는 $u_A \pm 2\sigma$ 로 설정하였으며, u_A 와 σ 는 각각 중심각 벡터와 나머지 위치 편차 벡터들 간 각 차의 평균과 표준편차를 나타낸다.

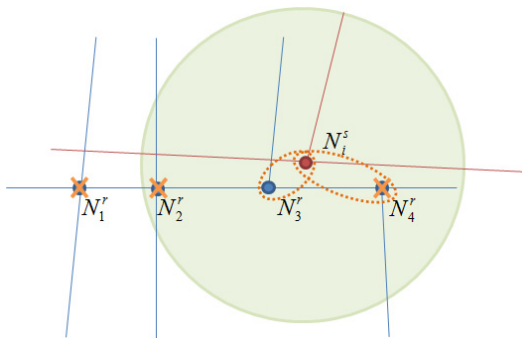


Figure 5. Example of intersection matching process

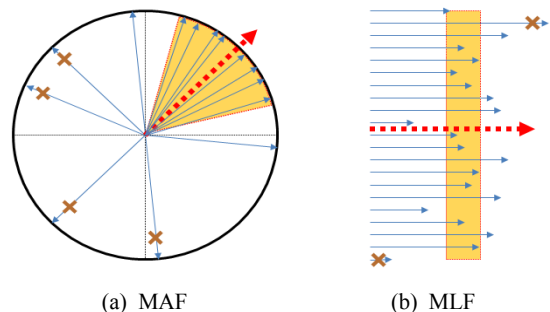


Figure 6. Filtering by MFF

MLF는 MAF로 선정(filter in)된 위치 편차 벡터들에 대하여 벡터의 크기 조건으로 Figure 6(b)와 식(4),(5)와 같이 MAF와 동일한 방법으로 적용한다.

$$\sum_{i=1}^N (\angle \overrightarrow{x_{AM}} - \angle \overrightarrow{x_i}) \text{ is minimized}$$

$$\overrightarrow{x_{AM}} \in \overrightarrow{x_i}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

Angle Filter In =

$$\left\{ \overrightarrow{x_i} \mid \mu_A - 2\sigma \leq \angle \overrightarrow{x_i} - \angle \overrightarrow{x_{AM}} \leq \mu_A + 2\sigma \right\} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^M (\| \overrightarrow{x_{LM}} \| - \| \overrightarrow{x_i} \|) \text{ is minimized}$$

$$\overrightarrow{x_{LM}} \in \overrightarrow{x_i}, \quad i = 1, 2, \dots, M \quad (4)$$

Length Filter In =

$$\left\{ \overrightarrow{x_i} \mid \mu_L - 2\sigma \leq \| \overrightarrow{x_i} \| - \| \overrightarrow{x_{LM}} \| \leq \mu_L + 2\sigma \right\} \quad (5)$$

2.3 러버쉬팅에 의한 위치 조정

필터링을 통하여 최종적으로 선정된 CPPs는 동일한 SLI 궤적 교차로와 도로 레이어 교차로 간의 위치 편차 정보를 가지고 있으므로 이를 활용하여 변환을 수행함으로써 위치 편차를 제거할 수 있다. 비록 선정된 CPPs는 유사한 방향과 크기를 가지지만 동일하지는 않기 때문에 CPPs를 기반으로 공간을 분할하여 국지적인 조정을 수행함으로써 전체적인 합성의 품질을 높일 수 있다. 이때 공간을 분할하는 방법 중 델로니 삼각망(delaunay triangulation)은 국지적인 조정을 수행하는데 있어 효과적으로 알려져 있다(Gillman, 1985; Saalfeld, 1988). 따라서 최종적으로 선정된 두 데이터셋의 CPPs로 각각 델로니 삼각망을 구성하고, 대응 삼각형들 간에 러버쉬팅 변환을 통하여 국지적인 조정을 수행하였다. 위치 조정은 SLI의 촬영 위치와 그 위치에서 촬영된 영상의 동기화를 보존하기 위하여 SLI 궤적을 기준으로 2D 지도의 건물 레이어를 조정하였으며, 각 삼각형 내의 건물 객체들은 삼각형을 구성하는 세 개의 CPPs의 보간을 통하여 위치가 조정된다(Figure 7). 위치 조정을 통하여 편차가 제거된 합성 지도상에서는 SLI가 촬영된 위치를 동일하게 위치시킬 수 있으며, 특정 방향의 SLI scene에서 보이는 건물의 대응 건물 객체 탐색이 가능해진다.

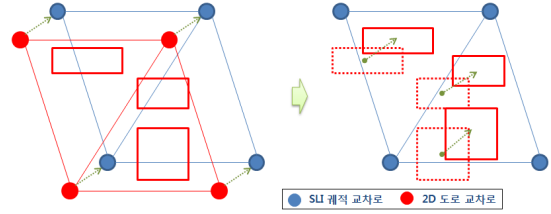


Figure 7. Rubber sheeting based on Delaunay triangulation

3. 실험 결과 및 분석

실험에 활용된 SLI는 현재 국내 대부분의 도로를 대상으로 서비스하고 있는 다음 로드뷰(다음, 2012a)를 활용하였으며, 2D 지도는 도로명 전자지도의 건물과 도로 레이어를 활용하였다. Table 1은 실험에 활용된 데이터의 특성을 나타낸다. 실험은 서울 관악구의 일부 지역을 대상으로 수행하였으며, 실험 지역 1(603m*817m)은 비교적 상가가 밀집된 지역이며 실험 지역2(866m* 560m)는 큰 도로를 중심으로 주로 주거 건물이 분포하는 지역이다(Figure 8).

SLI의 촬영 궤적은 도로명 전자지도의 도로 레이어를 SLI의 취득 간격(약 10m)보다 짧게 리샘플링 하고, Open API v3(다음, 2012b)를 활용하여 포털 서버에 질의를 수행함으로써 리샘플링된 위치에 대응하는 촬영 위치를 연속적인 선형으로 재구성하였다. Figure 9는 SLI 촬영 궤적과 도로명 전자지도를 단순히 동일한 좌표계로 변환하여 중첩한 결과로 상호간에 위치 편차

Table 1. Experimental Data

	SLI	도로명 전자지도
타원체/좌표계	WGS84/경위도	Bessel/UTM-K
생성년도	2011년 4월	2011년 5월
축척		1:5000

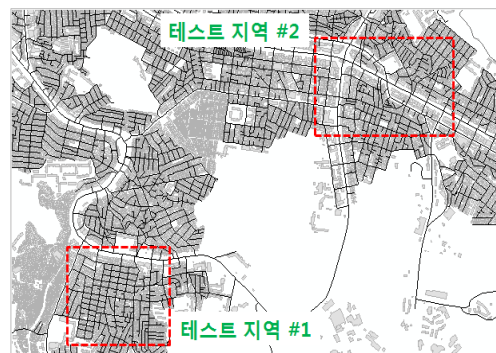


Figure 8. Test areas

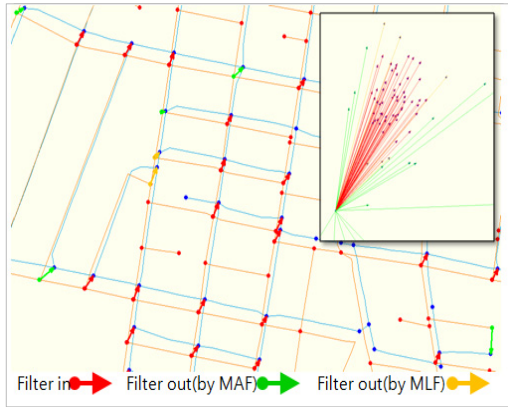


Figure 10. The result of MFF filtering

가 존재하여 촬영 궤적이 건물 객체 위로 겹쳐 있는 모습을 볼 수 있다.

실험 지역1의 교차로 수는 SLI 촬영 궤적이 220개, 도로 레이어가 363개로 서로 다르다. 이는 주로 SLI 영상이 차량이 이동할 수 있는 도로 구간 중심으로 점진적으로 확장 구축되고 있는 반면, 도로명 전자지도는 모든 건물에 대한 새주소 정보를 부여하기 위하여 도로 선형 정보가 더욱 정밀하게 구축되었기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 SLI 궤적 교차로를 기준으로 도로명 전자지도의 교차로에 대하여 매칭을 수행하였다. 탐색된 교차로의 수는 174개로 약 80%가 매칭 되었으며, MAF 필터와 MLF 필터를 통하여 각각 37개와 17개가 제거되고 총 120개의 CPPs를 위치 조정에 활용하였다. 실험 지역 2의 경우는 288개의 SLI 궤적 교차로와 427개의 도로 레이어 교차로를 대상으로 188개의 교차로가 탐색되었으며, 필터링 과정을 통하여 65개(MAF:54, MLF:11)의 교차로가 제거되고 총 123개의 CPPs를 활용하였다.

Figure 10은 필터링 과정의 CPPs 벡터와 중첩된 데이터셋 상에서 그 위치를 나타낸다. Figure 11은 CPPs로 활용된 교차로들과 이를 활용하여 델로니 삼각망 기반의 리버슈팅 변환을 수행한 결과로 SLI 촬영 궤적(blue line)에 도로(red dotted line)와 건물 객체의 위치가 조정된 그림을 나타낸다. 그림에서 보듯이 두 데이터셋 간에 경향성에서 벗어난 교차로들은 변환에 활용되지 않았지만, 주변 CPPs들의 보간을 통하여 전체적으로 위치 편차가 제거되었음을 알 수 있다.

본 실험 결과의 평가는 위치 편차가 제거되기 전과 후의 대응 교차로 간 평균제곱근오차(RMSE) 측정과 특정 SLI scene에서 보이는 건물과 이에 대응하는 2D 지도의 건물 객체 간 수직적 일치 관계에 대한 완성도

Table 2. Results of the RMSE for before and after the removal of spatial inconsistency

		최소 편차	최대 편차	RMSE
실험 지역 #1	조정 전	2.51m	14.48m	8.94m
	조정 후	0.00m	7.63m	1.95m
실험 지역 #2	조정 전	0.98m	10.78m	7.06m
	조정 후	0.00m	6.60m	1.42m

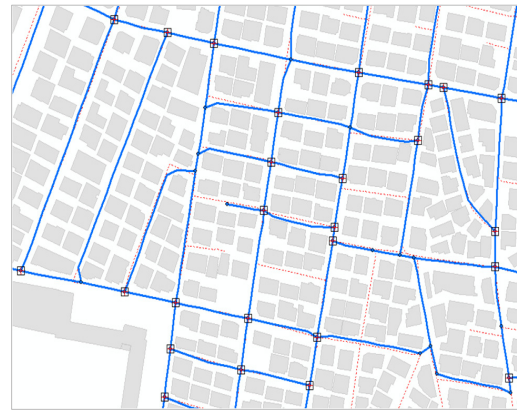


Figure 11. Alignment result

(completeness)와 부합도(correctness) 측정으로 분석하였다.

우선, SLI 촬영 궤적과 건물 레이어의 합성은 최종적으로 선정된 CPPs에 의해 위치 조정을 통하여 수행되기 때문에 조정 전과 후의 모든 대응 교차로 간 RMSE를 분석함으로써 합성의 품질을 예측할 수 있다. Table 2는 이에 대한 분석 결과로 실험 지역 1의 경우, 위치 조정 전의 SLI 궤적과 도로 레이어 교차로 간의 위치 편차는 최소 2.51m와 최대 14.48m이었으나 조정 후에는 각각 최소 0.0m, 최대 7.68m로 감소하였으며, RMSE는 8.94m에서 1.95m로 6.99m 만큼 감소하였음을 알 수 있다. 실험 지역 2의 경우도 역시 7.06m에서 1.42m로 5.64m 만큼 감소하였다. 또한, 실험 지역 1과 2는 경향성을 대표하는 중심 벡터의 특성(지역1: 방향(36.43°), 크기(7.95m), 지역2: 방향(38.57°), 크기(6.88m))이 다소 서로 다르기 때문에 정확한 합성을 위해서는 지역적인 CPPs의 경향성에 따라 위치 편차 제거를 수행하는 것이 적합하다고 할 수 있다.

Figure 12의 (a)는 2D 지도(위치편차 제거 전)의 특정 교차로에서 특정 방향(60°)의 시야를 나타내며, 이에 대응하는 SLI scene을 나타낸다. 그림에서 보듯이 위치 편차로 인하여 2D 지도의 해당 위치를 정확하게 반영하지 못하고 다른 위치의 영상이 보여 짐을 알 수



(a) Correspondance between the 2D map and SLI trace

(b) Correspondance between the conflation map and SLI trace

Figure 12. Visual comparison of before and after the removal of spatial inconsistency



(a) Detection of the visible facade lines by Isovist

(b) Mapping of the visible facade lines onto SLI scene

Figure 13. Correspondence analysis between the 2D map and SLI scene

있다. 반면, (b)는 위치편차가 제거된 합성 지도상에서 (a)와 동일한 교차로와 방향에 대한 SLI scene으로 비교적 정확하게 반영함을 알 수 있다.

Figure 12의 시각적 결과에서 보듯이 SLI와 2D 지도간의 위치 편차 문제는 두 데이터셋의 합성 결과에 큰 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 위치 편차의 제거 결과를 더욱 효과적으로 검증하기 위하여 특정 위치를 기준으로 2차원의 가시영역을 의미하는 Isovist (Davis and Benedikt, 1979)에 기반한 평가 방법을 적용하였다.

평가 방법은 우선, Figure 13(a)와 같이 특정 SLI scene에 대한 파라미터(위치, 방향, 시야각)를 활용하여 2D 지도상에서 Isovist 영역을 탐색한다. 각 건물들과 탐색된 Isovist 영역이 접하는 경계를 1차원의 선형에 투영한 후, 이를 해당 SLI scene과 맵핑을 통하여 건물의 수직적 일치를 분석한다. Figure 13(b)에서 line 1은 Isovist에 의한 2D 지도의 가시 건물 경계(facade line), line 2는 SLI scene에서 건물 영역을 직접 분할한 참조 라인(reference line), line 3은 참조 라인과 가시 건물 경계의 중첩된 라인(overlapped line)을 의미한다. 이를 활용하여 위치 편차 제거 전의 2D 지도와 제거 후의

합성 지도를 활용하여 식(6)과 식(7)과 같이 각각 완성도와 부합도를 계산한다(Wiedemann et al., 1998). Table 3은 2개의 실험 지역에서 10개의 샘플 SLI scene을 하나의 그룹으로 총 4개의 그룹에 대한 완성도와 부합도의 평균을 나타낸다. 실험 결과, 전체 SLI scene에 대한 완성도와 부합도의 평균은 각각 조정 후, 53.47%와 68.72%에서 84.78%와 91.03%로 증가하였으며, 약 90%에 가까운 완성도와 부합도를 보일 경우 SLI scene과 2D 지도의 합성은 건물의 경계가 수직적으로 거의 일치함을 알 수 있었다.

완성도(completeness) =

$$\frac{\sum \text{length of overlapped line (line 3)}}{\sum \text{length of reference line (line 2)}} \quad (6)$$

부합도(correctness) =

$$\frac{\sum \text{length of overlapped line (lien 3)}}{\sum \text{length of facade line (line 1)}} \quad (7)$$

Table 3. Evaluation results for completeness and correctness of building correspondence

		2D 지도(위치 편차 제거 전)		합성 지도(위치 편차 제거 후)	
		완성도(%)	부합도(%)	완성도(%)	부합도(%)
실험 지역 #1	Scene(1~10)	63.17	63.09	82.50	89.53
	Scene(11~20)	53.93	79.30	90.12	96.58
실험 지역 #2	Scene(1~10)	51.54	67.82	84.15	89.40
	Scene(11~20)	45.26	64.66	82.34	87.63
Total		53.47	68.72	84.78	91.03

4. 결론

본 연구에서는 최근 포털 사이트들을 중심으로 서비스되고 있는 SLI와 기 구축된 공간정보의 합성을 위한 위치 편차 제거를 수행하였다. SLI는 실세계 거리의 모습을 그대로 재현하고 있어 기 구축된 공간정보 데이터들과 합성될 경우 속성 전이, 필드 데이터 구축 등 다양한 목적으로 활용될 수 있을 것으로 예상된다. 하지만, 서로 다른 공간정보 데이터셋의 합성 시 위치 편차 문제가 존재하며 특히, SLI 영상은 특정 위치와 함께 취득된 영상으로 대상 데이터 셋에서 그 위치가 일치하지 않을 경우 연계 활용의 효과는 매우 떨어지게 된다. 따라서 본 연구에서는 SLI와 현재 가장 활용성이 높은 2D 지도의 합성을 위해 SLI 촬영 궤적과 2D 지도의 도로 레이어 간의 CPPs 탐색, MFF 필터링을 이용한 부정확한 CPPs 제거, 델로니 삼각망 기반의 러비슈팅을 통하여 상호간의 위치 편차를 제거하였다. 또한, SLI 합성에 있어 위치 편차의 제거 결과를 효과적으로 검증하기 위하여 2D 지도의 가시 건물 경계와 SLI scene의 맵핑을 이용한 평가 기법을 제시하였다. 실험을 통하여 위치 편차 제거 후 평균적으로 완성도와 부합도는 각각 31.31%와 22.31%가 증가하였으며, 이러한 결과는 SLI scene과 2D 지도의 합성 시 건물의 경계가 거의 일치함을 보였다. 따라서 SLI를 타 공간정보 데이터와 연계 활용하기 위하여 합성을 수행할 경우, 본 연구에서 제시한 위치 편차 제거 및 평가 방법은 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업 - Hyper-Live Map 기반기술 개발과제의 연구비지원 (11CHUD-C061156-01)에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

1. 구글, 2012, 구글 맵스, <http://maps.google.co.kr>
2. 네이버, 2012, 네이버 지도, <http://map.naver.com>
3. 다음, 2012a, 다음 지도, <http://local.daum.net>
4. 다음, 2012b, 다음 지도 Open API v3, <http://dna.daum.net/apis/maps/v3>
5. 마이크로소프트, 2012, 빙맵, <http://www.bing.com/maps/>
6. 양성철, 유기윤, 2009, "교차로 벡터 모델을 이용한 래스터와 벡터의 conflation", 2009 GIS 공동추계학술대회, 한국지형공간정보학회, pp.7-10
7. 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, Vol. 43, No. 6, pp. 32-38
8. 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
9. Chen, C., Shahabi, C., Kolaoudouzan, M., and Knoblock, C.A., 2006, "Automatically and Efficiently Matching Road Networks with Spatial Attributes in Unknown Geometry Systems", Proc. of the 3rd Workshop on Spatio-Temporal Database Management, pp.1-8
10. Chen, L., Wang, X., and Liang, X., 2010, "An Effective Video Stitching Method", International Conference on Computer Design and Applications, Vol. 1, pp.297-301.
11. Davis, L. S. and Benedikt, M. L., 1979, "Computational models of space: isovists and isovist field", Computer Graphics and Image Processing, Vol.11, No. 1, pp.49-72.
12. Filin S. and Doytsher Y., 2000. "The Detection of Corresponding Objects in a Linear-Based Map Conflation". Surveying and Land Information

- Systems, Vol. 60, No. 2, pp.117-128.
13. Gillman W. D., 1985, Triangulations for Rubber Sheetting, Proceedings of 7th International Symposium on Computer Assisted Cartography (AutoCarto 7), pp.191-199.
 14. Saalfeld, A. 1988, "Conflation Automated map compilation", International Journal of Geographical Information Systems, Vol. 2, No. 3, pp.217-228.
 15. Samal, A., Seth, S. and Cueto, K., 2004, "A feature-based approach to conflation of geospatial sources", International Journal of Geographical Information Science, Vol. 18, No. 5, pp.459-489
 16. Xiong, D., 2000, "A Three-Stage Computational Approach to Network Matching", Transportation Research C, vol. 8, pp.13-36.
 17. Wiedemann, C., Heipke, C., and Mayer, H., 1998, "Empirical evaluation of automatically extracted road axes", CVPR Workshop on Empirical Evaluation Methods in Computer Vision, California, pp.172-187.