

항공사진과 도로 벡터 간의 Alignment를 위한 Vector Median Filter의 적용

Vector Median Filter for Alignment with Road Vector Data to Aerial Image

양성철¹⁾ · 유기윤²⁾

Yang, Sung Chul · Yu, Ki Yun

Abstract

Recent growth of the geospatial information on the web made it possible to applicate spatial data. Also, the demand for rich and latest information shows a steady growth. The need for the new service using conflation of the existing spatial databases is on the increase. The information delivery of the services using the road vector and aerial image is reached intuitively and accurately. However, the spatial inconsistencies in map services such as Daum map, Naver map and Google map is the problem. Our approach is processed to extract the road candidate image, match the template and filter the control points pair using vector median. Finally, CNS node and link are aligned to the real road with the aerial image. The experimental results show that our approach can align a set of CNS node and link with aerial imagery for daejon, such that the completeness and correctness of the aligned road have improved about 35% compare with the original roads.

Keywords : Conflation, Aerial image, Road vector, Template matching, Vector median

초 록

대용량의 공간정보의 인터넷을 통한 활용이 활성화되면서 더 정확하고 풍부하며 최신의 정보를 가진 자료에 대한 사용자의 요구는 꾸준히 증가하고 있어 기 구축된 자료 간 융합을 통한 새로운 서비스 제공의 필요성이 커지고 있다. 이중에서 항공사진과 도로 벡터 자료를 융합한 서비스는 직관적이고 정확하게 정보를 전달할 수 있어 많은 포털사이트에서 제공중인 서비스이나 자료 간 공간 불일치를 해결해야 한다. 본 연구에서는 도로 후보 영상 추출, 템플릿 매칭, 벡터 미디언 필터를 거쳐 자료 간 조정을 수행하였으며 완성도와 부합도로 정확도를 평가한 결과 원래 데이터에 비해 약 35% 향상되었음을 확인할 수 있었다.

핵심어 : 융합, 항공사진, 도로 벡터, 템플릿 매칭, 벡터 미디언

1. 서 론

인터넷을 통해 서비스되는 다양한 공간정보는 사용자에게 더 많은 정보를 제공하고 새로운 콘텐츠를 제작할 수 있게 해주어 관련 서비스의 창출을 가능케 하고 있다. 이러한 배경에는 국내적으로 1995년부터 수행된 NGIS 사업으로 인해 국가공간정보 데이터베이스의 구

축과 GIS 활용확산 및 정착이 이루어지면서 중앙정부와 각 지자체에서 구축된 수많은 공간정보 자료에 대한 필요성과 활용도가 높아지고 관련 민간 서비스가 활성화되면서 해당 분야 종사자뿐만 아니라 일반 국민들의 관심이 높아진 데 있다. 또한, 국외적으로는 구글(Google), 마이크로소프트(Microsoft), 야후(Yahoo) 등 포털사이트를 중심으로 공간정보 자료를 이용한 다양한 서비스를

1) 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 박사과정(E-mail: scyang2@snu.ac.kr)

2) 교신저자 · 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 교수(E-mail: kiyun@snu.ac.kr)

제공하고 있어 이에 대한 사용자의 관심과 활용도가 높아지고 있는 것도 주요한 이유라 할 수 있다. 모바일 기기와 사용 환경의 발전으로 인해 사용자 각자의 단말기에 대용량의 자료를 빠르게 전송할 수 있게 되어 관련 서비스가 활성화되고 새로운 부가가치가 창출되는 점 역시 주요한 변화라 할 수 있을 것이다. 이 과정에서 더 정확하고 풍부하며 최신의 정보를 가진 자료에 대한 사용자의 요구는 꾸준히 증가하고 있으나 그때마다 새로운 공간정보 데이터베이스를 제작하는 것은 비효율적이고 비경제적이기 때문에 기 구축된 자료 간 융합을 통해 새로운 콘텐츠를 제작하거나 위치·속성정확도를 개선하는 기술의 필요성은 커지고 있다. 특히, 공간정보 서비스 중에서 다수의 포털사이트에서 제공하고 있는 하이브리드 지도 서비스는 사용자에게 다양한 공간정보를 효율적으로 제공하는 수단으로서 많은 사용자가 활용하고 있다. 이는 실제 지형을 정확하게 묘사할 수 있는 항공사진 혹은 위성영상 등의 래스터자료와 적은 양의 데이터로 정확한 공간정보와 풍부한 속성정보를 제공할 수 있는 벡터 자료의 장점만을 부각할 수 있기 때문이다.

일반적으로 자료 간 융합은 데이터의 형태에 따라 래스터 자료 간, 벡터 자료 간, 래스터와 벡터 자료 간으로 나뉘어질 수 있으며 이 중에서 앞서 언급했듯이 래스터와 벡터 자료에 대한 연구의 필요성은 매우 크다. 자료 간 융합을 위해 가장 중요한 것은 자료 간 공간 불일치가 없어야 한다는 것이다. 그러나 실제로는 데이터 취득 시기 상이, 좌표체계·투영방법의 상이, 과도한 일반화 등에 의해서 자료 간 불일치가 발생하고 이로 인해 도로가 건물 위를 지난다거나 도로의 선형이 항공사진 상의 도로와 상이하다거나 하는 현상이 발생한다. 지도서비스의 LOD(Level of Detail)가 높아질수록 폭이 좁고 선형의 변화가 큰 도시 지역의 이면도로에서 더 많이 발견되며 사용자가 체감하는 불일치 역시 커진다. 이는 데이터 전체에서 동일한 방향과 크기를 갖지 않는 우연오차에 해당하기 때문에 국부적인 조정을 통해서만 제거할 수 있다.

Chen 등(2008)은 U. S. Census TIGER 데이터에서 도로 교차점을 추출한 후 이와 항공사진의 교차로와 매칭 후 조정을 통해 공간 불일치를 제거하는 연구를 수행하였다. 트레이닝(training)과 베이지안(Bayesian) 분류자에 의해 생성된 도로 후보 영상에 교차로 형태의 템플릿을 매칭시켜 불일치하는 정도를 구하고 이에 벡터 미디언

(Vector Median) 필터링을 적용하였다. 동일 개체들 간에 매칭을 수행하는 것이 좋은 성과를 기대할 수 있으나 고 해상도 항공사진에서 도로를 추출하는데 한계가 있다는 점에서 도로 후보 영상에 템플릿 매칭을 통한 해결 방법을 제시하였다. Chiang 등(2009)은 위성영상과 스캐닝된 그림 지도 양측에서 교차로 기준점을 추출하고 이를 매칭하여 래스터 자료 간의 융합에 관한 연구를 수행하였다. 스캐닝된 그림 지도에서 교차로를 추출하기 위해 히스토그램 기반 영상분할과 모폴로지 연산을 수행한 후 세선화를 적용하여 벡터 형태의 도로를 추출하는 방법을 제안함으로써 래스터 자료 간 융합에 대한 해결책을 제시하였다.

본 연구에서는 기존 연구 사례를 참고하여 항공사진과 도로 벡터의 융합을 수행하기 위해 도로 후보 영상에 교차로 형태의 템플릿 매칭을 적용하는 방법(Chen 등, 2006)을 사용하였다. 매칭의 대상을 교차로로 삼은 것은 양쪽 자료에서 포인트의 형태로 존재하거나 추출할 수 있기 때문에 상대적으로 쉽기 때문이다. 특히, 전국 데이터를 처리하기 위해 매칭이 되는 노드(anchor node)와 조정만 되는 노드(neighbor node)로 구분하여 템플릿을 생성하였고, 기존 연구에서 템플릿의 탐색범위가 인접한 동일 형태의 교차로를 포함하도록 설정될 경우 중복 매칭이 되는 것을 해결하기 위해 주변 템플릿과의 배치 관계를 이용하였으며, 매칭 결과를 필터링하기 위한 개선된 벡터 미디언 필터링 방법을 제안하였다.

2. 도로 후보 영상 추출

항공사진 상에서 도로를 완벽하게 추출하는데 한계가 있기 때문에 도로 후보 영상에 템플릿이라는 매개체를 사용한 매칭을 수행한다. 이를 위해서는 우선 도로의 가능성이 높은 화소만으로 이루어진 도로 후보 영상을 제작해야 하는데 고해상도 컬러 항공사진 상에서는 도로가 균질한 영역으로 표현되지 않기 때문에 분광기반 방법과 개체기반 방법을 함께 사용하여 제작한다. 분광값에 기반한 방법은 분류와 녹지 척도(Greenness measure)를 이용하는 것이고 개체기반 방법은 Mean Shift 영상 분할을 이용한 건물의 지붕면 추출 방법을 이용하는 것이다.

2.1 SVM 분류

본 연구에서는 항공사진에서 도로를 추출하기 위해

제안된 다양한 방법 중에서 감독분류 방법을 사용하였다. 이는 다른 방법에 비해 영상의 상태에 영향을 받지 않고 비교적 안정된 성과를 주기 때문이며 도로 추출을 위해 트레이닝 외의 부가적인 정보를 사용하지 않기 때문에 사용자가 적용하기에 용이하다는 장점이 있다. 일반적인 도로 추출 기법들은 영상의 공간해상력, 분광해상력, 지역특성(도시, 교외), 분광특성 등에 따라 다른 방법을 사용하기 때문에 해당 영상에서는 우수한 성능을 보이나 다른 영상에서의 성능은 한계가 있다. 반면에 감독분류 방법은 영상에 최적화된 방법에 의한 결과보다 품질은 떨어질지 모르나 영상의 종류에 상관없이 안정적인 성능을 보일 가능성이 높고 무엇보다 상용 소프트웨어에서 손쉽게 사용이 가능하여 트레이닝을 제외하고는 사용자의 개입을 최소화할 수 있다. 본 연구에서는 범용의 알고리즘을 사용하여 도로 후보 영상을 추출함으로써 안정적인 성과를 기대하기 위해 상용 소프트웨어인 ENVI의 SVM(Support Vector Machine) 분류 모듈을 이용하여 도로 후보 영상을 제작하였다. SVM은 분류기법의 일종으로서 주어진 데이터를 분리시킬 수 있는 최적의 초평면(hyperplane)을 찾는 것이 목적이며 안정적인 성능을 낸다고 알려져 있다. 그러나, 분류에 의한 도로 후보 영상은 도로가 비도로로 분류된다던지 비도로가 도로로 분류된다던지 하는 오류가 포함되어 있다. 이의 개선을 위해서 녹지 척도에 의한 수목제거와 건물추출 과정을 추가한다.

2.2 녹지 척도

녹지 척도는 NDVI와 유사하게 수목지역을 구분할 수 있는 지수로서 식 (1)로 계산되며 수목의 가능성이 높을수록 1에 가까운 값을 가지게 된다(Zhang, 2003).

$$\text{녹지 척도} = \frac{\text{녹색파장대값} - \text{적색파장대값}}{\text{녹색파장대값} + \text{적색파장대값}} \quad (1)$$

NIR 밴드를 사용하는 NDVI와 달리 항공사진의 적색파장대, 녹색 파장대만을 사용하기 때문에 수목뿐만 아니라 녹색에 가까운 영역이 함께 추출되나 이러한 영역은 비도로일 가능성이 높으므로 결과적으로 도로 후보 영상을 개선시키는 결과를 낼 수 있다.

2.3 건물의 지붕면 추출

고해상 컬러 항공사진 상의 도로는 아스팔트, 콘크리

트 등의 다양한 포장재질과 노면표지, 차량, 가로수, 그림자 등으로 인해 균질한 분광특성으로 나타나지 않고 반대로 건물의 지붕면이 도로와 분광특성이 유사한 경우도 있어 이를 개선하기 위해 건물을 추출하고 이를 도로 후보 영상에서 제거함으로써 결과를 개선시킨다. 분광정보는 분류과정에서 이미 사용했기 때문에 건물추출은 개체기반 접근방법을 사용한다. 즉, 항공사진에 Mean Shift 영상분할을 적용하여 동일한 분광특성을 가지는 영역으로 분할하고 각 영역의 Solidity값을 계산하여 일정 범위 내의 개체는 건물로 선택하여 추출한다.

Mean Shift 영상분할은 영상 내 픽셀값의 분포에서 가장 의미있는 최빈값을 찾기 위한 통계적인 방법으로서 주어진 픽셀 공간에서 현재 픽셀과 유사한 색상인 픽셀들의 평균 위치와 평균 색상값을 계산하고 여기로 이동하여 다시 같은 작업을 반복하여 윈도우 크기 내에 극대값이 존재하는 경우 그 점으로 수렴하도록 하는 방법이다(Comaniciu 등, 2002). 이때, 공간윈도우(h_s)와 특징윈도우(h_f)의 크기를 사용자가 설정하여 원하는 결과를 얻을 수 있는 장점이 있다. 즉, 공간윈도우가 커질수록 그보다 작은 개체는 병합되고 큰 개체만 남게 되며 특징윈도우가 커질수록 높은 대비를 보이는 개체만 남게 되므로 색상차이가 크지 않은 영역이나 자동차 혹은 옥상의 기타 구조물 등의 작은 영역을 병합하여 영상의 복잡도를 낮추는 것이 가능하다(곽내정 등, 2006). 본 연구에서는 자동차의 크기 등을 고려하여 실험적으로 공간윈도우와 특징윈도우의 크기를 16으로 최소 영역을 64로 설정하여 영상분할을 수행하였다. 그리고 각 영역을 하나의 개체로 인식하여 형상 지수의 일종인 Solidity를 계산하기 위해서 영역별로 레이블링(labeling)을 하였다. 레이블링의 결과에서 건물의 지붕면을 추출할 경우 다양한 분광특성으로 이루어진 지붕면이 추출이 되지 않으므로 인접한 영역과의 병합을 통해 가능한 많은 지붕면을 추출한다. 이를 위해 영역별로 인접 영역을 목록화하고 순서대로 병합 후 Solidity 값을 계산하여 건물을 추출한다. 여기서 Solidity는 건물 폴리곤 면적과 이를 Convex hull로 구성한 면적과의 비로서 식 (1)로 계산할 수 있다.

$$\text{Solidity} = \frac{\text{Area}_{\text{Bldg}}}{\text{Area}_{\text{Convex hull of Bldg}}} \quad (2)$$

최종 도로 후보 영상은 그림 1과 같이 항공사진으로부터 SVM 분류를 통해 생성한 도로 후보 영상에서 수목과

건물의 지붕면을 제거하여 생성된다.

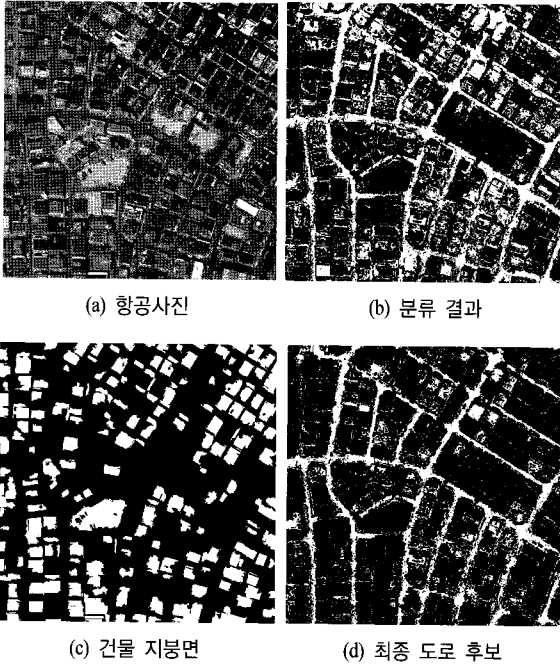


그림 1. 도로 후보 영상 추출 결과

3. 템플릿 매칭

3.1 템플릿 자동 추출

항공사진 상의 교차로와 도로 벡터의 교차로를 매칭하기 위해 사용되는 템플릿은 도로 벡터의 교차로의 형태를 이용하여 구성한다. CNS 링크의 속성에는 도로의 실폭이 들어있지 않으므로 이를 대신하여 차로수에 2.5m를 곱하여 도로의 폭으로 결정하고 해당 폭만큼 링크마다 폴리곤을 구성한다. 교차로 노드별로 원형의 폴리곤을 구성하며 이때 반경은 해당 노드에 연결된 링크의 차로 수 중 가장 큰 값을 선택하여 결정하는데 이는 차폭이 넓은 도로와 좁은 도로를 동일한 반경으로 하여 원형 폴리곤을 구성할 경우 넓은 도로에서 횡단보도, 노면표지, 정차된 차량 등으로 인해 매칭이 잘 되지 않는 것을 방지하기 위해서이다.

$$R_{anchor\ node} = 15m + Lane_{max} \times 5m \quad (3)$$

링크로 구성된 폴리곤에서 노드로 구성된 폴리곤을

클리핑하여 도로 벡터 교차로 형태와 동일한 템플릿을 얻고 이를 도로 후보 영상의 조정이 되기 전 좌표에 위치시킨다.

3.2 매칭과 중복 해결

교차로에 대한 매칭은 템플릿 내에 포함되는 도로 후보 화소수를 계량하고 크기에 대해 정규화한 값을 매칭률로 하며 이를 탐색 범위 내에서 템플릿을 이동하며 반복 계산 후 가장 높은 매칭률을 나타내는 위치에 안착시킨다. 본 연구에서는 공간 불일치가 25m를 넘지 않기 때문에 이를 최대 탐색범위로 설정하였다. 그러나 교차로 간 링크의 길이가 탐색범위보다 작고 교차로의 형태가 유사한 경우 동일한 위치에 여러 개의 템플릿이 안착되는 경우가 생긴다. 이는 템플릿 내 포함되는 도로 후보 화소수만으로 매칭률을 계산하기 때문에 템플릿의 형태가 유사한 경우 같은 위치에서 매칭률이 높게 나오기 때문이다. 이 경우 안착된 여러 개의 템플릿 중 어느 것이 제 위치에 안착된 것인지 알 수가 없기 때문에 중복 안착된 모든 템플릿을 컨트롤 포인트로 쓸 수가 없다. 이를 해결하기 위해 벡터 도로 교차로 노드의 공간적인 배치 관계는 조정 후에도 바뀌지 않는다는 점에 착안하

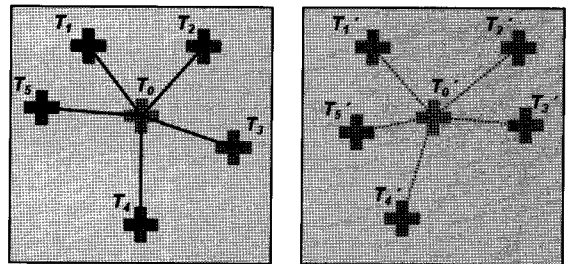


그림 2. 매칭 전 후의 Proximity graph

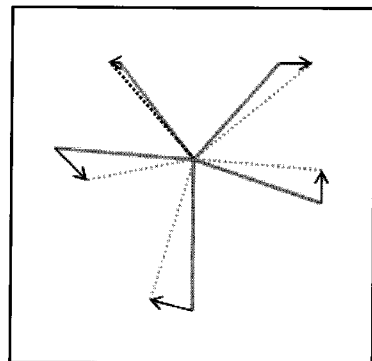


그림 3. offset vector

여 Proximity graph(Samal 등, 2004)를 사용한 중복 템플릿 중 제대로 매칭된 것을 선택하는 과정을 수행한다. 매칭 전과 후의 Proximity graph를 그린 후에 이를 중첩하여 그림 3에서와 같이 offset vector를 계산한다. 원래 템플릿 중심점 위치와 템플릿 매칭 후 중심점 위치와의 Proximity graph 간의 offset vector를 최소로 하는 템플릿을 제대로 매칭된 것으로 하고 나머지 템플릿을 주변의 다른 위치에서 매칭률이 가장 높은 곳에 안착시킨다.

4. 벡터 미디언 필터

템플릿 매칭에 의해 안착된 위치와 원위치 간의 컨트롤 포인트 쌍은 템플릿이 제 위치에 안착되지 않은 경우가 있기 때문에 모두 조정에 사용할 수 없다. 특히 도로와 분광특성이 동일한 주차장 혹은 건물 등으로 인해 실제 교차로 인근의 잘못된 위치에 안착되는 경우가 있으므로 실제로 조정에 사용할 것들만 분리하기 위해 본 연구에서는 이상점(outlier)을 제거하고 벡터 미디언 필터를 사용하여 컨트롤 포인트 쌍에 대한 필터링을 수행하였다. 이를 위해 우선 교차로 원위치와 템플릿 매칭에 의해 안착된 위치 간의 컨트롤 포인트 쌍을 그림 4와 같이 벡터 형태로 표현한다. 여기서 벡터의 시작점(+)은 도로 벡터 상의 교차로 위치이며 종료점(*)은 안착된 위치가 된다.

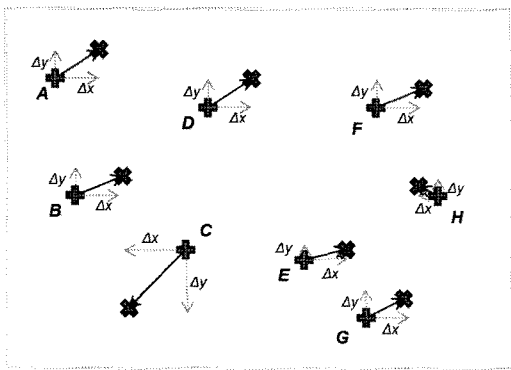


그림 4. 컨트롤 포인트 쌍의 벡터 표현

4.1 이상점 제거

항공사진과 도로 벡터 교차로 간의 공간 불일치는 국부적으로 유사한 방향과 크기를 갖는다. 이는 앞서 언급한 대로 공간 불일치의 원인 중에 가장 크게 영향을 미치는 것이 각 자료의 타원체 및 투영 방법이 상이함이기

때문이다. 컨트롤 포인트 쌍 벡터의 x, y 방향 크기 각각에 사분위(quartile) 방법을 적용하고 이중에 하나라도 이상점일 경우 해당 쌍을 제거한다. 사분위 방법은 이상점을 제거하기 위해 널리 사용되는 방법으로서 3사분위수(Q³), 1사분위수(Q¹) 간의 차이로 IQR (interquartile range)을 구하고 여기에 1.5배 한 것으로 상한계값(upper bound), 하한계값(lower bound)을 구하는 방법이다.

$$IQR_{\Delta x} = Q_{\Delta x}^3 - Q_{\Delta x}^1 \tag{4}$$

$$IQR_{\Delta y} = Q_{\Delta y}^3 - Q_{\Delta y}^1 \tag{5}$$

$$lowerbound_{\Delta x} = Q_{\Delta x}^1 - 1.5 \times IQR_{\Delta x} \tag{6}$$

$$upperbound_{\Delta x} = Q_{\Delta x}^3 + 1.5 \times IQR_{\Delta x} \tag{7}$$

$$lowerbound_{\Delta y} = Q_{\Delta y}^1 - 1.5 \times IQR_{\Delta y} \tag{8}$$

$$upperbound_{\Delta y} = Q_{\Delta y}^3 + 1.5 \times IQR_{\Delta y} \tag{9}$$

컨트롤 포인트 쌍 벡터를 동일한 원점으로 표현하면 그림 5와 같으며 여기서 그림 4의 C, H 벡터(점선)는 이상점에 해당된다.

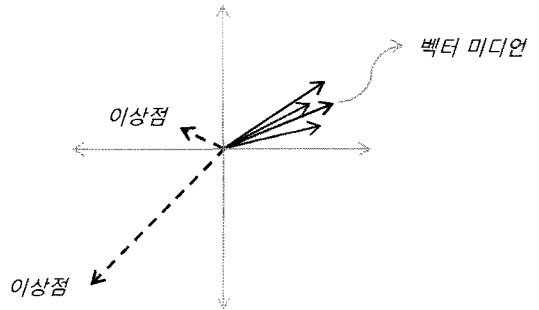


그림 5. 이상점과 벡터 미디언

4.2 벡터 미디언 필터

이상점을 제외한 컨트롤 포인트 쌍 벡터중에서 국부적인 공간 불일치의 경향, 즉, 일정한 방향과 크기를 나타내지 않는 벡터들을 필터링하기 위해 대표값으로 벡터 미디언을 결정하고 이와 유사한 벡터만을 선택한다. 여기서 벡터 미디언은 각 벡터와 나머지 벡터와의 차이를 최소로 하는 것을 선정한다.

$$\operatorname{argmin} \sum_{i=1}^n \|\vec{x}_m - \vec{x}_i\| \tag{10}$$

$$\vec{x}_m \leftarrow \vec{x}_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

그림 6에서 벡터 미디언과 나머지 벡터와의 차($D_1 \sim D_5$)는 정규분포일 가능성이 높으므로 Gauss membership function값이 0.68(1) 이상인 것만을 선택한다.

$$D_k = \|\vec{x}_m - \vec{x}_k\| \quad (11)$$

$k = 1, 2, 3, \dots, n-1$

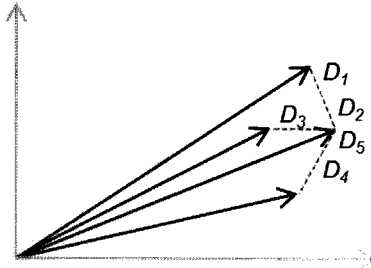


그림 6. 벡터 미디언과의 차

5. 실험 및 분석

5.1 사용 데이터 및 실험

본 연구에서는 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 표 1과 같이 래스터 자료로는 GSD 0.25m의 항공사진을 사용하고 벡터 자료로는 CNS 노드, 링크를 사용하였다.

표 1. 사용 데이터

	형식	데이터
래스터	GeoTiff(GSD: 0.25m)	항공사진
벡터	Shape	CNS 노드, 링크 및 속성

대상지역은 대전이며 항공사진에서 가로 256m, 세로 256m 크기의 14개 샘플을 절취하였으며 도로 후보 영상 추출, 템플릿 매칭, 이상점 제거, 벡터미디언 필터를 거쳐 생성된 컨트롤 포인트 쌍으로 항공사진과 CNS 노드, 링크 간에 러비시팅(rubber sheeting)을 수행하였다.

CNS 노드, 링크는 현지조사 차량의 운행과정에서 수집된 GPS 신호 정보를 이용하여 갱신되기 때문에 정밀한 측량과 성과심사를 통해 생성되는 항공사진, 수치지도와 위치정확도의 차이가 내재되어 있다. 그러므로 항공사진을 기준으로 CNS 노드, 링크를 조정해야 정확도가 향상되는 결과를 얻을 수 있다. 그 결과는 그림 7, 그림 8, 그림 9와 같으며 여기서 점선은 조정을 수행하기

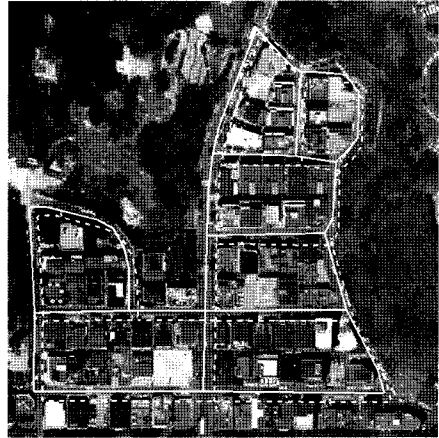


그림 7. 실험 지역 1

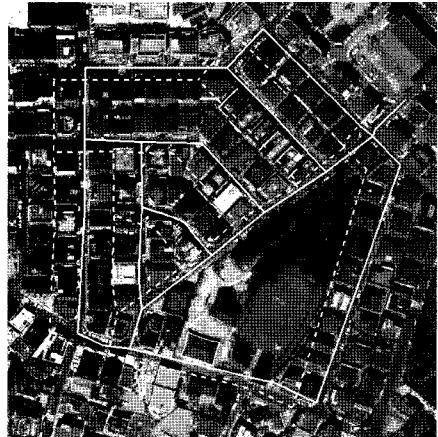


그림 8. 실험 지역 2



그림 9. 실험 지역 3

전 도로이고 실선은 조정을 수행한 후의 도로이다.

5.3 정확도 평가

조정된 도로 링크의 정확도는 도화에 의해 생성한 참조 도로(reference road)와 조정된 도로(aligned roads)간의 부합도(correctness)와 완성도(completeness)로 평가하였다. 그림 10에서 부합도는 조정된 도로의 총 길이(AC)와 매칭된 조정 도로의 길이(AB)의 비로서 식 (12)로 계산하며 완성도는 참조 도로의 총 길이(ac)와 매칭된 참조 도로의 길이(ab)의 비로서 식 (13)으로 계산한다.

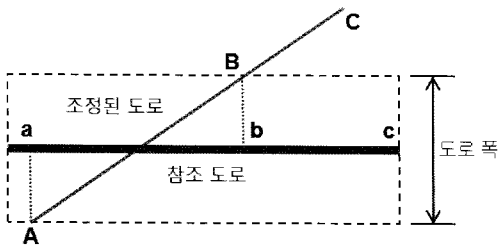


그림 10. 정확도 평가 방법

$$\text{부합도} = \frac{L_{\text{매칭된 조정 도로의 길이}}}{\sum L_{\text{조정된 도로의 총 길이}}} \quad (12)$$

$$\text{완성도} = \frac{L_{\text{매칭된 참조 도로의 길이}}}{\sum L_{\text{참조 도로의 총 길이}}} \quad (13)$$

표 2. 정확도 평가 결과

	부합도	완성도
원 도로	53.84 %	53.56 %
조정된 도로	88.03 %	87.34 %

6. 결 론

본 연구에서는 항공사진으로부터 도로 후보 영상을 추출하고 템플릿 매칭과 벡터 미디언 필터를 적용하여 도로 링크를 조정하여 자료 간 공간 불일치를 최소화하였다. 그 과정에서 분광기반, 개체기반 방법을 사용하여 도로

후보 영상을 제작하고 템플릿의 중복 매칭을 해결하기 위해 Proximity graph를 적용하였다. 또한, 오매칭된 컨트롤 포인트 쌍을 제거하기 위해 이상점을 제거하고 개선된 벡터 미디언 필터를 적용하였다. 그 결과 부합도와 완성도가 약 35% 정도 개선되는 결과를 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발 사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업 과제의 연구비 지원(07국토정보C04)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

곽내정, 김영길, 권동진 (2006), Mean Shift 알고리즘과 영역 병합 방법을 이용한 경계선 보존 컬러 영상 분할, 한국콘텐츠학회논문지, 한국콘텐츠학회, 제 6권, 제 9호, pp. 19-27.

Ashok Samal, Sharad Seth and Kevin Cueto (2004), A feature-based approach to conflation of geospatial sources, IJGIS, Vol. 18, No. 5, pp. 459-489.

Ching-Chien Chen, Craig A. Knoblock and Cyrus Shahabi (2008), Automatically and Accurately Conflating Raster Maps with Orthoimagery, Geoinformatica, Vol. 12, pp. 377-410.

Chunsun Zhang (2003), Updating of cartographic road databases by image analysis, Ph. D. dissertation to the Swiss Federal Institute of Technology Zurich.

Dorin Comaniciu and Peter Meer (2002), Mean shift: A Robust approach toward feature space analysis, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, pp. 603-619.

Yao-Yi Chiang, Craig A. Knoblock, Cyrus Shahabi and ching-chien Chen (2009), Automatic and Accurate Extraction of Road Intersection from Raster Maps, Geoinformatica, Vol. 13, pp. 121-157.