수치지도와 Quickbird 영상의 자동 기하보정
Automatic Registration of Quickbird Image and Digital Map

한동엽, 김혜진, 김용일
Han Dong Yeob, Kim Yong Il
서울대학교 지구환경시스템공학부
noykh2@gmail.com, vicky2@snu.ac.kr, yik@snu.ac.kr

요약 : 본 논문에서는 대축척 수치지도와 Quickbird 위성영상의 자동 보정을 영상공간에서 수행한다. 알고리즘은 보정변환식의 초기 계수값 결정과 정확한 변환계수 결정과정으로 나뉜다. 초기 계수값 결정은 보정변환식의 상수항을 결정하는 것으로 수치지형도의 지면개체와 영상에서 추출된 에지의 논리곱 연산을 적용하여 최적값을 추정하는 방식을 이용한다. 보정 다항식의 정확한 변환계수를 결정하기 위하여 수치지형도의 지면 선형개체 점데이터와 영상의 에지개체 점데이터간 ICP 조정을 수행하였다. 제안된 방법의 정확도를 평가한 결과, 영상공간에서 1.72화소의 RMSE를 나타내었다.

1. 서론

근래 사용되는 영상의 종류가 다양해지고, 이종 데이터를 동시에 활용한 분석이 요구되면서 이종데이터간의 co-registration이 중요해졌다. 이종 데이터는 크게 영상데이터, 수치지형도와 같은 벡터 데이터, 주제도나 DEM(Digital Elevation Model)과 같은 그리드 데이터로 나눌 수 있다. 이미 구축되어 있는 지리정보 데이터에는 좌표정보가 포함되어 있기 때문에, 이론적인 측면에서 데이터의 투영변환만으로도 좌표등록(co-registration)할 수 있다. 하지만 좌표변환에 따른 오차와 서로 다른 원데이터와 다른 생성과정으로 인한 데이터의 정확도 차이로 인해 두 데이터가 완전하게 일치하지 않으며, 대개 간단한 변위량 조정이 필요한 경우가 많다.

해상도와 기복변위량이 다르게 표현되어 있는 두 영상을 co-registration하는 작업은 기준점과 기복변위 조정을 필요로 한다. 기준점은 영상에서 구별되는 특징점으로 영상간의 차이에 관계없이 동일한 속성을 갖는 특징점 추출자를 이용하여 자동으로 추출될 수 있다(Lowe 2004). 영상과 표고데이터와 같이 특징점을 찾기 어려운 경우에는 정보이론(information theory)의 엔트로피, MI(mutual information), MST(Minimum Spanning Tree) 등을 이용하여 기하보정을 수행할 수 있는데, 이 방법들은 기준데이터에 대하여 이동데이터의 이동범위를 선정하고, 범위내에서 가장 높은 적합도를 지니는 위치를 찾아서, 변환계수를 결정한다. 의학 데이터 기하보정에서 널리 연구되었으며, 위성영상의 co-registration에도 적용되었다.

고해상도 위성영상으로부터 GIS 데이터를 취득하기 위하여 위성영상의 기하보정 과정이 필요하다. 고해상도 위성영상의 기하보정 방법은 센서의 기하 모델 특성과 처리하는 영상의 공간해상도에 따라 다르게

수행된다. 고해상도 위성영상의 경우 센서 표정에 의한 RPCs(rational polynomial coefficients)처리 방법이나 센서의 외부표정추정 방법을 사용하면, 레벨 1B 영상을 가장 적합하게 기하보정할 수 있다 [Jacobsen et al., 2005; Cheng, 2006; Grodecki & Dial, 2003]. RPC를 이용하여 기하보정하는 경우, 두 가지 방법이 연구되었다. 첫 번째 방법은 RPC 계수만으로 이용하여 영상을 보정하고, 보정된 영상의 오차를 후처리하여 제거하는 것이고, 두 번째 방법은 정확한 GCP를 이용하여 원래의 RPC 계수를 갱신하는 것이다. 세 번째 방법은 사용자가 많은 GCP를 이용하여 RPC 계수를 생성하여 조정하는 것으로, 안정성이 떨어지는 것으로 알려져 있다[Toutin & Cheng, 2002]. 첫 번째 방법을 적용했을 때, IKONOS 영상은 상수항만으로도 대부분 만족할만한 정확도를 얻을 수 있고, QuickBird 영상은 일차다항식으로 좋은 보정결과를 얻을 수 있다고 알려져 있다.

본 연구에서는 기존의 수치지형도를 이용하여 고해상도 영상을 자동보정하고자 한다. 기존에 구축되어 있는 수치지형도는 벡터데이터이고 고해상도 위성영상은 영상데이터이기 때문에 이종 데이터간의 기하보정을 위하여 적당한 대응개체를 선택하고, 이들간의 일치정도를 판단하는 비용함수를 선정하는 것이 필요하다. 수치지형도의 개체들은 지면에 대한 기복변위가 제거되어 있기 때문에 도로와 같은 지면개체와 건물과 같은 비지면개체 중에서 지면개체를 대응개체로 고려할 수 있다. 지면대응 개체의 일치정도를 판단하기 위하여 두 데이터의 특징요소를 이진화하고, 이동데이터의 허용 변환범위내에서 불린(boolean)연산량의 최대점을 최적 변환위치로 결정하는 이종데이터의 기하보정 접근방법을 사용하였다. 마지막으로 정확한 변환계수를 산출하기 위하여 수정된 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 사용하였다.

2. 고해상도 영상의 기하보정 모델

Grodecki와 Dial(2003)의 블록 조정 방법은 Space Imaging에 의해 인증을 받은 방법으로 다음 식과 같이 각 영상의 오차를 다항식으로 모델링한다.

$$\Delta P = A_0 + AS \cdot 열 + AL \cdot 행 + ASL \cdot 열 \cdot 행 + \cdots$$
$$\Delta R = B_0 + BS \cdot 열 + BL \cdot 행 + BSL \cdot 열 \cdot 행 + \cdots$$

여기서, 열, 행은 영상의 열과 행

$A_0, AS, AL, B_0, BS, BL, \ldots$은 조정계수

$\Delta P, \Delta R$은 행과 열에서 조정오차

상업용 소프트웨어인 OrthoEngine의 RPC 보정 방법이나, Erdas Imagine의 Orthobase에서도 위의 모델링 식을 기반으로 기하보정하는 방법을 제공한다.

고해상도 영상을 수지지형도와 같이 정사투영하기 위하여 기복변위를 제거해야 한다. 기복변위량은 업체에서 영상과 함께 제공하는 RPC 정보와 표고정보를 사용하여 구할 수 있으며, RPC 정보가 없는 경우, 고해상도 위성영상의 좁은 FOV(field of view) 특성을 이용한 평행투영기하를 가정하여 기복변위량을 추정할 수 있다. 1m 내외의 고해상도 영상의 정사보정에 적합한 표고정보는 1:1000 수치지형도에서 생성된 DTM(Digital Terrain Model)이나, LiDAR(LIght Detection And Ranging) DSM(Digital Surface Model)이 있다. 일반적으로 LiDAR 표고정보와 수치지형도의 표고정보는 오차를 포함하고 있기 때문에 정확한 보정을 위해서는 이를 고려할 필요가 있다.

3. 변환식 추정

3.1. 불린연산을 이용한 근사보정

수치지형도의 지면개체를 영상으로 투영한 데이터와 영상에서의 대응 개체간 오차량은 다차항, 즉 무차 또는 일차 다항식으로 모델링될 수 있다. 이와 같이 단순한 형태로 오차가 분포하므로, 지면개체를 기준영상으로 하고 그 위에 위성영상을 이동하면서 적절한 변환계수를 근사적으로 추정할 수 있다.

영상에 투영된 지면개체는 벡터데이터이므로 영상의 화소 크기로 래스터화하여 지면개체의 이진영상을 생성할 수 있다. 지면개체에 해당하는 개체는 위성영상에서 에지추출을 통하여 추정하며, 에지 부분을 이진영상으로 생성한다. 두 이진영상 값이 모두 1인 경우에, 후보 대응점으로 판단할 수 있다. RPC만으로 보정된 영상의 오차량을 판단하여 에지 이진영상의 이동범위를 정하고, 연산량을 줄이기 위하여 범위내의 이동셀 크기를 다양하게 조절한다.

3.2. 수정된 ICP를 이용한 상세보정

ICP는 점군(point clouds) 데이터의 강체변환(rigid transfromation)에 많이 사용되고 있는 알고리즘으로 두 데이터간의 최소제곱 거리조정을 반복적으로 수행하여, 3×3 회전변환과 3×1 이동변환을 생성한다. 그림 1과 같이 기준 데이터가 M이고, 이동 데이터가 S인 경우, 두 데이터간의 초기 변환식을 근사적으로 추정하고, 최소거리에 존재하는 대응점들을 검색하고, 검색된 점을 이용하여 변환식을 추정한다. 변환식에 의하여 이동 데이터와 기준 데이터의 오차가 기준값 이상이면 변환식을 반복 추정하고, 기준값 이내이면 종료한다.

레이저 스캔으로 취득된 점군 데이터는 수평과 수직의 3차원 위치정보와 반사값 등의 속성 정보를 가지고 있으며, 이들의 거리합을 최소화하는 방향으로 변환식을 갱신한다. 본 연구에서는 수평위치와 각 점의 방향각 정보를 이용한 방향각 점데이터를 각각 생성하고, 이들의 거리를 최소화하는 수정된 ICP를 사용하였다.

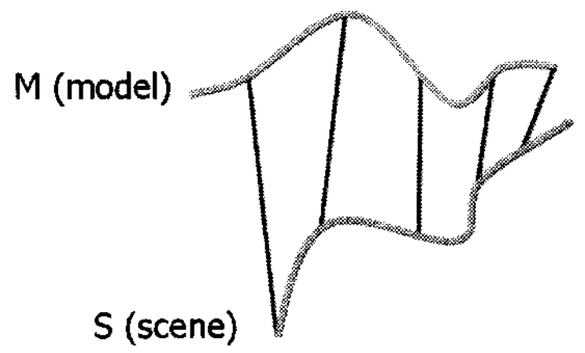

그림 1. ICP 알고리즘의 모형

4. 실험

1:1000 수지지형도를 기준으로 QuickBird 전정색 영상의 자동보정을 수행하였다. 입력 데이터는 1:1000 수치지도, 기준 지면개체로 사용될 수치지도 레이어, 실험 대상영역, 위성영상과 헤더정보, 정확도 평가용 기준점 정보이며, 출력 데이터는 변환다항식 정보와 정확도 평가결과이고, 요구하는 경우 정사영상을 생성할 수 있다. 실험과정은 Matlab에서 자동으로 수행될 수 있지만, 컴퓨터 메모리의 한계로 인하여 부분적으로 처리되었다. 대상영역은 동서방향 230000~235700, 남북방향 320500~316500이다.

처리과정은 다음과 같다(그림 2 참고).

① 수치지형도에서 DTM 생성
② 지면 기준개체 레이어 추출
③ DTM을 이용하여 기준개체의 표고추출
④ 기준개체를 영상으로 투영한 후에, 이진 기준개체점 데이터와 기준 방향각 점데이터 생성
⑤ 기준개체점 데이터에 해당되는 지역에서 영상의 에지를 추출한 후에, 이진 에지점 데이터와 에지 방향각 점데이터 생성
⑥ 기준개체점 데이터와 이진 에지점 데

이터의 불린 연산으로 근사이동량 계산

⑦ 근사이동량을 초기변환식으로 하는 수정된 ICP를 수행하여, 보정 다항식계수 추정

⑧ 보정 다항식계수를 적용하여 정확도 평가

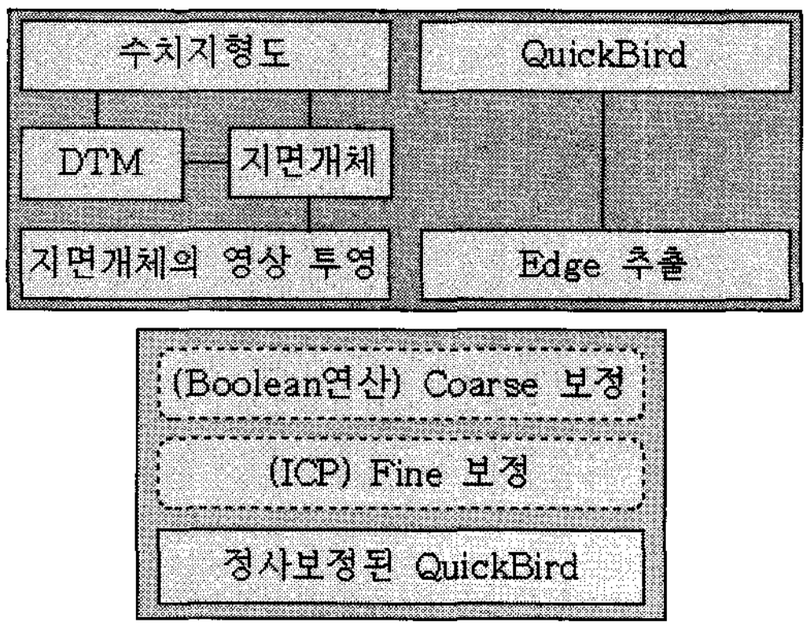

그림 2. 연구흐름도

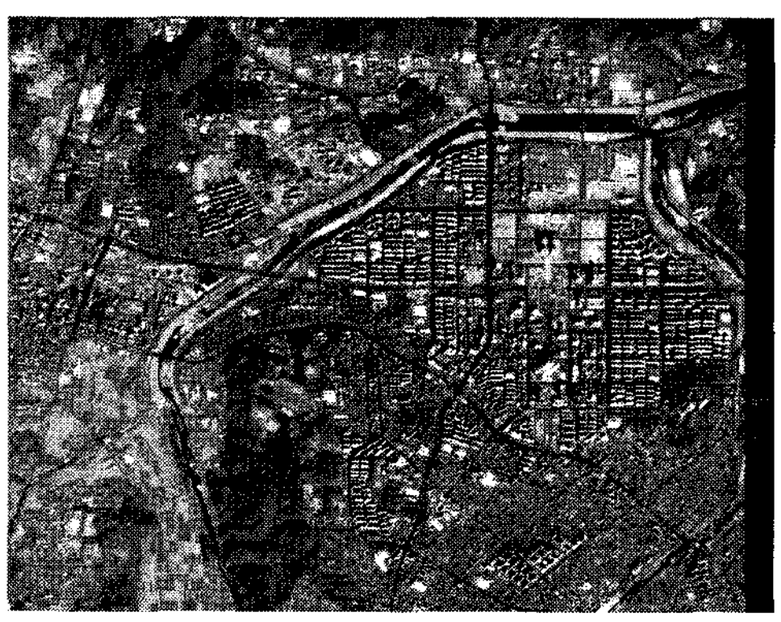

그림 3. 지상기준점 분포, 적색은 CP, 녹색은 ICP

실험을 평가하기 위하여 1:1000 수치지도에서 37개의 점을 수동으로 추출하였다(그림 3). 우선, Orthobase에서 18개의 점을 이용하여 1차 변환식을 생성하고, 19개의 점을 평가점으로 사용한 결과, X, Y방향으로 기준점은 1.006, 0.985의 RMSE를 나타내었으며, 평가점은 1.155, 0.387의 RMSE를 나타내었다. 본 연구에서 제안된 방법으로 생성된 변환식은 다음과 같고, 37개의 점에 대하여 변환 RMSE는 1.35, 1.06이다.

$$\Delta P = 58.85 + 1.000008 \cdot 열 - 0.000019 \cdot 행$$
$$\Delta R = -23.06 + 0.000038 \cdot 열 + 1.000150 \cdot 행$$

5. 결론

본 연구에서는 QuickBird 영상을 대축척 수치지형도를 기준으로 자동 보정하였다. 보정 결과 수동기준점을 이용한 방법과 유사한 정확도로 보정가능하다는 것을 알 수 있었다. 한편, 1차다항식으로 보정을 수행하였지만, 상수항만으로도 유사한 보정 결과를 얻을 수 있을 것으로 여겨진다. 향후, RPC 계수를 직접 갱신하는 연구를 수행하여 입체 고해상도 영상으로부터 개체의 3차원 정보를 자동으로 취득하는 방법을 개발하고자 한다.

참고문헌

Cheng, P., Toutin, T., Zhang, Y., Wood, M., QuickBird - Geometric Correction, Path and Block Processing and Data Fusion.

Cheng, P., DEM Generation Using Quickbird Stereo Data Without Ground Controls - Using Tie Points Only, Geoinformatics, March 2006.

Grodecki, J. and G. Dial., 2003, Block Adjustmen of High-Resolution Satellite Images Described by Rational Polynomials, PE&RS, 69(1), p.59, January. 2003.

Jacobsen, K., G. Büyüksalih, H. Topan, Geometric Models for the Orientation of High Resolution Optical Satellite Sensors, ISPRS Hannover Workshop 2005 High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information.

Toutin, T., P. Cheng, QuickBird - A Milestone for High-Resolution Mapping, EOM 2002, 2002.