

수치정사투영영상 제작을 위한 폐색영역의 탐지와 복원

Detecting and Restoring Occlusion Area for Generating Digital Orthoimage

권오형* 김용일** 김형태***

* 청오지앤지(주) 연구원

** 서울대학교 지구환경시스템 공학부 조교수

*** 서울대학교 지구환경시스템 공학부 공간정보연구실 박사과정

요 약 문

레이저 프로파일링 시스템의 등장으로, 기존에는 얻을 수 없었던 도시 지역에 대한 DTM 취득이 가능해졌고, 더욱 정확한 정사투영영상 또한 제작할 수 있게 되었다. 하지만, 높이변화를 보이는 자연지물과 인공구조물이 있는 지역에 대해 기존의 정사투영사진 제작기법이 적용될 때, 폐색이나 이중매핑과 같은 문제가 발생하게 된다. 특히 고층건물이 밀집되어 있는 도심지에서 이러한 현상은 두드러져 정사투영영상의 품질을 저해하는 주요한 원인이 된다.

따라서, 본 연구에서는 카메라의 외부표정요소와 DTM을 이용하여 폐색영역을 탐지하고, 폐색이 안된 다른 영상의 정보를 통해 폐색영역을 복원하여 더욱 완전한 정사투영영상을 제작할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘에 의해 자연지물이나 인공구조물에 의한 폐색영역을 탐지할 수 있었고 폐색영역의 많은 부분을 부가영상을 이용하여 복원하였다. 건물에 대한 사전지식을 이용하여 폐색영역을 탐지하는 국내 연구가 있지만, 본 연구는 건물에 대한 부가정보나 모델링을 사용하지 않고 DTM과 카메라 외부표정요소만을 이용하여 폐색영역을 탐지한다는 점에서 이러한 연구들과 차별성을 가진다.

1. 서 론

정밀한 DTM을 얻을 수 있는 방법의 부재로 현재까지의 정사투영영상은 주로 비도시지역을 대상으로 만들어졌고, 낮은 해상도의 정사투영영상을 제작하는데 적용되어왔다. 또한, 도시지역의 정사투영영상을 제작할 때 건물에 대한 DTM의 부재로 인해 건물은 미분편위수정의 대상에서 제외되어 불완전한 정사투영영상이 제작되어왔다. 그러나, 근래에 와서는 레이저 프로파일링 시스템의 등장으로 도시지역에 대한 정밀한 DTM 획득이 가능해졌다. 따라서, 도시지역에 대한 고해상도 정사투영영상의 제작 가능성이 커졌고, 정사사진지도 제작, 수치지도의 갱신과 수정, 그리고 벡터지도의 배경 등의 목적으로 고해상도 정사투영영상에 대한 수요가 증가하고 있다.

그러나, 절벽이나 계곡과 같은 급격한 높이변화를 보이는 자연지물과 교량, 제방, 고가도로, 그리고 건물 등과 같은 인공구조물이 있는 지역에 대해 기존의 정사투영영상 제작기법이 적용될 때 폐색이나 이중매핑과 같은 문제가 발생하게 된다. 특히 고층건물이 밀집되어있는 도심지에서는 많은 부분에서 폐색이 발생하여 정사투영영상 제작이 더욱 어렵다. 현재의 상용소프트웨어들은 폐색이나 이중매핑을 제거할 수 있는 알고리즘을 채용하지 않고 있기 때문에 정사투영영상을 제작할 때 폐색과 이중매핑의 문제점이 발생하고, 이에 따라 폐색과 이중매핑을 제거하기 위한 부가적인 알고리즘이 요구되고 있다[그림 1, 2].

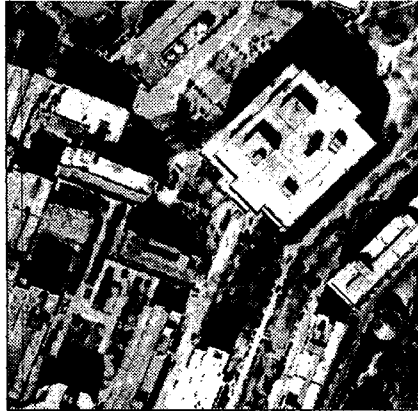


그림 1. ER-Mapper 6.0을 이용하여 제작한 정사투영영상

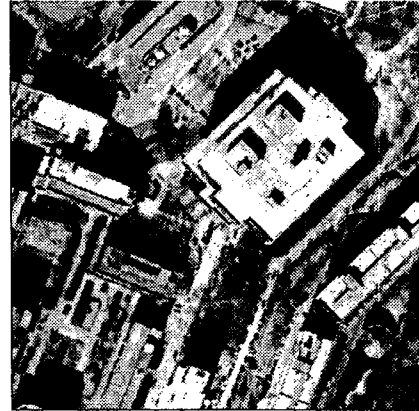


그림 2. ERDAS 8.3을 이용하여 제작한 정사투영영상

유복모 등(1998)²⁾과 유환희 등(1999)³⁾은 기존의 수치적 미분편위수정방법에 의해 나타날 수 있는 문제점을 지적하였다. 두 연구에서 기존의 수치적 미분편위수정방법에 의해 폐색과 이중매핑의 문제가 발생한다는 것이 지적되었고, 정사투영영상을 제작할 때 폐색을 탐지하고 보정할 수 있는 알고리즘이 제안되었다. 유복모 등과 유환희 등에 의해 제안된 알고리즘은 기구측된 수치지도를 이용하여 정사투영영상을 제작할 수 있다는데 실용적 가치가 있다. 그러나, 제안된 알고리즘은 기복변위가 발생하는 건물 반대쪽이 편평하지 않는 경우 폐색지역의 크기가 달라지는 것을 고려하지 못한다. 또, 이 알고리즘은 입력자료로 수치지도를 필요로 하기 때문에 항공사진에 촬영된 건물이 수치지도상에 갱신되지 않았을 경우 해당 건물에 대해서는 폐색보정이 불가능하며, 건물의 표고추출이 영상정합에 의존하기 때문에 건물에 대한 높이 정확도가 다소 낮다는 문제점을 가진다.

따라서 본 연구에서는 레이저 프로파일링 시스템에 의해 얻어질 수 있는 도시지역의 고해상도 DTM을 사용한다는 전제하에 정사투영영상을 제작하기 위해 폐색영역을 탐지하고, 다른 영상으로부터 얻을 수 있는 영상정보를 이용하여 폐색영역을 복원하는 방법을 제시하고자 한다. 작업의 흐름도는 그림 3와 같다.

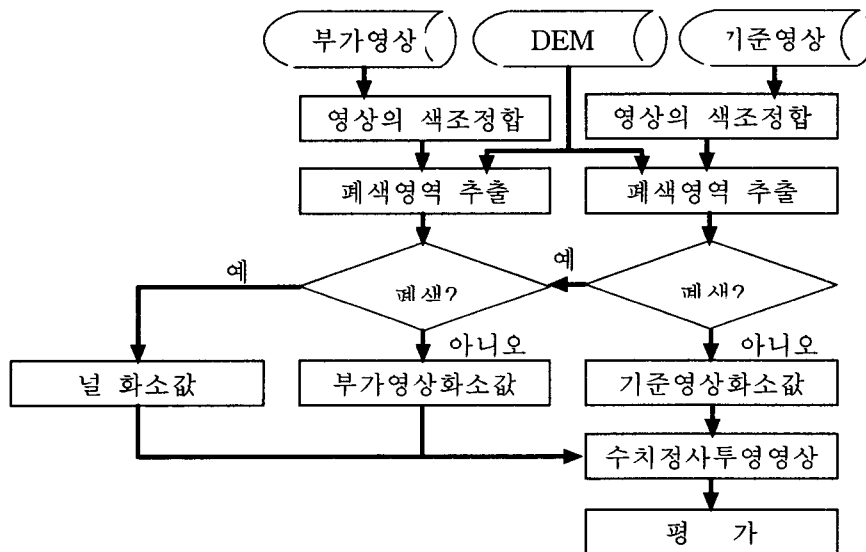


그림 3. 작업의 흐름도

2. 폐색영역의 탐지와 복원방법

카메라의 외부표정요소와 DTM이 있다면 가시권분석을 통해 각 출력화소의 폐색여부를 판단할 수 있고, 전체 출력영상에 대해 각 화소의 폐색여부를 판단하여 정사투영영상을 제작하게 된다. 그림 4와 5은 점 A와 G의 폐색여부를 판단하는 예를 보여준다. 그림 4는 A점과 G점의 폐색여부를 판단하기 위해 검색되어야하는 탐색방향이 나타나 있고, 그림 5은 선분 ALG에 대한 단면도를 나타낸다.

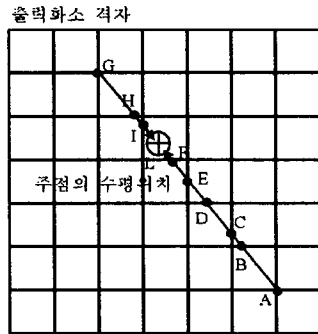


그림 4. 각 화소에 대한 폐색지역의 탐색방향

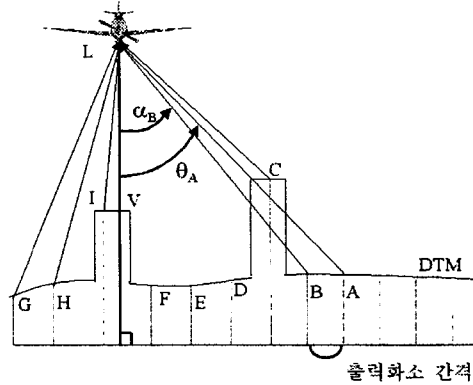


그림 5. 탐색방향에 대한 단면도

그림 5에서 L은 카메라의 수평위치이고 출력화소의 격자 간격과 DTM의 격자간격이 동일하다 가정한다. A와 G의 폐색여부를 판단할 때 탐색방향은 A->L과 G->L이다. 우선 A점의 폐색여부를 알기 위해서는 A->L 방향으로의 화소 B, C, D, E, F에 대해 각도 $\alpha_B, \alpha_C, \alpha_D, \alpha_E, \alpha_F$ 를 계산한다. 그리고 대상화소 A에 대한 각도 θ_A 와 비교하여 모든 각도가 θ_A 보다 작다면 A는 폐색이 아니다. 하지만 그림 10에서 $\theta_A < \alpha_C$ 이기 때문에 A는 폐색이다. G화소에 대해서도 마찬가지로 α_H, α_I 와 θ_G 를 비교해보면 $\theta_G > \alpha_H, \alpha_I$ 이므로 G는 폐색이 아닌 것으로 판단할 수 있다.

이상과 같이 탐지된 폐색 영역에 대해서는 화소값을 배정하지 않음으로써 불완전한 형태의 정사투영영상이 제작된다. 하지만, 사진촬영은 상당량의 중복을 가지며 이루어지기 때문에 동일 촬영 경로 내에서 혹은, 인접한 촬영경로 내에서 폐색지역이 촬영되는 시점이 생길 수 있다. 즉 기준시점에서 보이지 않는 지점이 다른 시점에서 보일 수 있고, 기준시점에서 폐색되는 지역을 다른 시점에서 촬영된 사진을 이용하여 보정할 수 있다.

3. 정사투영영상제작

연구 대상지는 서울대학교 자연대학 지역과 중앙도서관 인근지역으로, 적당한 높이의 건물과 인공지물이 산재해 있으므로 상당한 양의 폐색이 발생하여, 도시지역의 특성을 비교적 잘 반영하고 있다. 도심지의 경우 고층건물이 많기 때문에 연구 대상지보다 더 넓은 폐색영역이 발생할 것으로 예상되지만, 촬영중복도를 높이거나 이단촬영, 고해상도 위성영상을 이용하면 본 연구에서 제시된 알고리즘을 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

본 논문에서는 거리 정확도가 5cm라 알려진 레이저 프로파일링 시스템에 의한 정밀 DTM이 이용 가능하다는 가정 하에¹¹⁾, 1:1,000 수치지도를 이용해 등고선 DTM을 얻은 후, 건물에 대한 DTM을 따로 제작하고 건물 경계선 안의 높이값을 해석도화기에 의해 얻어진 건물에 대한 높이값으로 대체하는 방식을 통해 시뮬레이션하였다. DTM의 해상력은 10cm로 DTM의 크기는 3287×3274화소이다[그림 6]. 사용된 영상은 초점거리 152.592mm인 Zeiss RMK 카메라에 의해 촬영된

23cm×23cm의 1:5,000 항공사진을 17.5 μ m로 자동독취한 자료로 지상해상력 8.75cm에 해당하며, 히스토그램 매칭을 통해 색조정합을 한 후 절취하였다[그림 7, 8].



그림 6. 실험에 사용된 10cm 해상력의 DTM

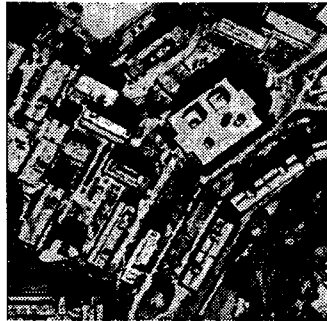


그림 7. 대상지의 좌측 절취영상



그림 8. 대상지의 우측 절취영상

4. 실험 결과

그림 9과 10에서 검게 나타난 부분은 폐색지역으로 탐지된 부분이고, 교차되는 직선의 교점은 렌즈 중심의 수평위치를 나타낸다. 그림 10보다 그림 9가 폐색지역이 적고 폐색지역을 보정할 수 있는 정보를 많이 갖고 있다. 두 영상 모두 폐색영역을 보정하지 않은 영상이고, 전체 프로그램 상에서는 제작되지 않는 영상이지만, 폐색탐지 여부를 확인하기 위해 출력해 보았다. 폐색보정 후의 최종 영상은 그림 11과 같다.

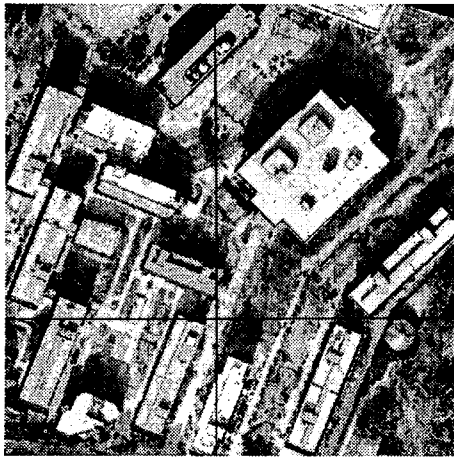


그림 9. 부가영상의 정사투영영상



그림 10. 기준영상의 정사투영영상

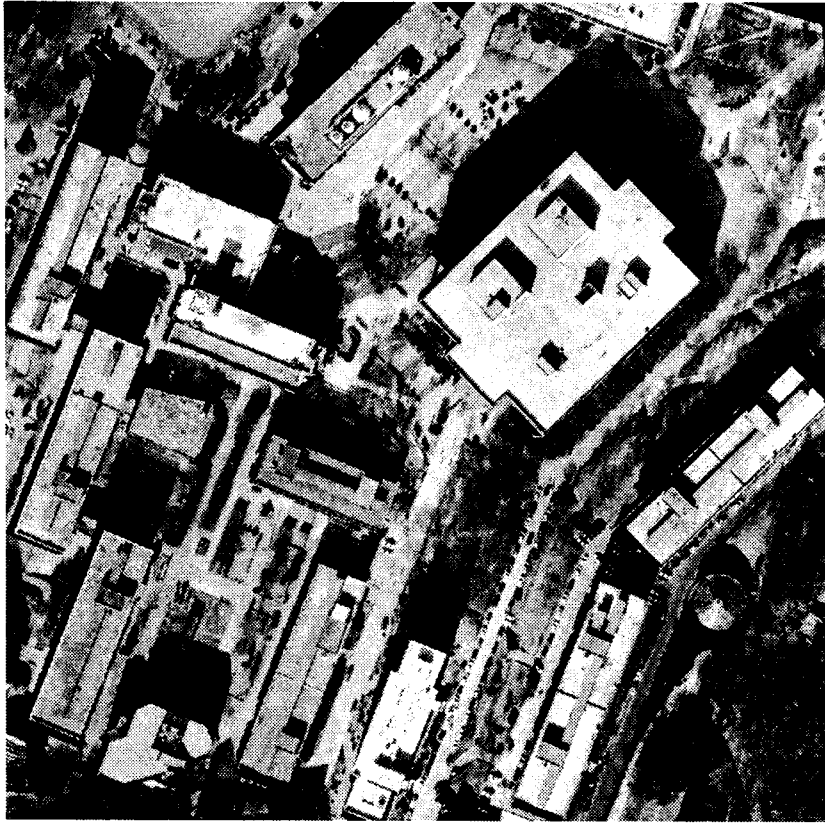


그림 11. 폐색영역이 보정된 정사투영영상

6. 수치정사투영영상의 평가

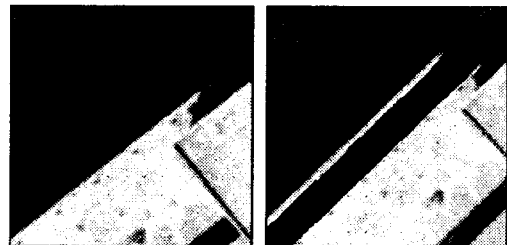
국내에서는 정사투영영상의 품질을 평가할 수 있는 명확한 기준이 아직 마련되지 않았고 미국에서는 정사투영영상을 평가하기 위해 일반적으로 지도의 검수에 사용되는 포인트샘플링에 의한 수평 위치정확도 평가방법과 시각적 정확도 평가방법을 사용한다¹⁰⁾. 제작된 정사투영영상에서 81개의 특징점의 좌표와 1:1,000 수치지도의 좌표를 비교한 결과, 평균위치오차는 22.45cm로 약 2~3화소가량이고 최대오차는 1.1127m로 나타났다.

영상전반에 걸쳐 건물에 가려져 보이지 않던 많은 부분들이 폐색보정에 의해 복원되었고 히스토그램 매칭을 통해 전반적으로 양호하게 색조정합이 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 하지만, 기하학적인 불연속, 다소 이질적인 색조, 잔류화소 등이 정사투영영상의 문제점으로 지적되었다[그림 12, 13].



(a) 기준영상 (b) 폐색보정된 정사투영영상

그림 12. 중앙도서관 공대쪽



(a) 기준영상 (b) 폐색보정된 정사투영영상

그림 13. 13동 앞쪽

7. 결 론

본 연구에서는 고해상도 DTM과 카메라의 외부표정요소를 이용하여 폐색영역을 탐지하고, 보조적인 영상을 통해 폐색영역을 복원하는 알고리즘을 제안하였다. 즉, 레이저 프로파일링 시스템에 의한 고해상도 DTM의 이용이 가능하다면 건물을 모델링하고 기복변위량을 계산하는 추가적인 작업없이 폐색영역의 탐지가 가능하고 항공사진, 고해상도 위성영상을 이용해 폐색영역을 보정함으로써 더욱 완전한 정사투영영상을 제작할 수 있다는 점에 본 연구의 의의가 있다 하겠다.

본 연구를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 시뮬레이션한 고해상도 DTM과 항공사진을 이용하여 제작된 정사투영영상은 22.45cm의 RMSE를 보였다. 이는 우리 나라 국가기본도 1:1,000에서 규정한 평면위치 오차 20cm에 상응하는 정확도로 정밀한 DTM을 사용할 경우 본 알고리즘을 이용하여 1:1,000 정도의 정사투영영상을 제작할 수 있고, 제작된 정사투영영상이 1:1,000 수치지도와 중첩되어 사용되기에 충분하리라 예상된다.

둘째, 기준영상과 추가영상의 색조정합을 위해 히스토그램 매칭을 사용하였고 시각적으로 적은 색조차를 보였다. 하지만, 몇몇 지역에서는 다소 이질감이 나타나므로, 보다 완전한 색조정합을 위해서는 보정지역을 중심으로 한 색조정합기법이 연구되어야 할 것이다.

따라서 보다 완전한 정사투영영상을 제작하기 위해서는, 정사투영영상을 제작하는데 유발되는 오차요인을 공정별로 분석하여 정사투영영상에서 발생할 수 있는 잔류화소를 최소화하고 제거하는 연구, 보정지역을 중심으로 한 국지적인 색조정합 알고리즘의 연구, 항공사진과 위성영상 등 다양한 자료원으로부터 폐색영역을 복원하는 연구 등의 향후 연구가 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 박병욱, "SPOT 위성데이터를 이용한 수치표고모델 생성에 관한 연구", 서울대학교 대학원, 석사학위논문, 1991.
- 2) 유복모, 이석군, 김의명, 민경훈, "항공사진을 이용한 정사투영영상생성 모듈 개발", 한국지형공간정보학회지, 제 6권, 제 2호, 1998, 12, pp. 45-58.
- 3) 유환희, 송영선, 성재열, "대축척 정사투영영상 생성을 위한 건물폐색보정", 대한토목학회논문집, 제 19권, 제 3-2호, 1999, 3, pp. 305-312.
- 4) 윤종성, "PC와 저가의 Scanner를 이용한 정사투영사진 제작에 대한 연구", 서울대학교 대학원, 석사학위논문, 1990.
- 5) 이병길, "인공위성 데이터를 이용한 정사투영사진 제작에 관한 연구", 서울대학교 대학원, 석사학위논문, 1991.
- 6) 조기성, "SPOT 위성영상의 외부표정요소 결정에 관한 연구", 연세대학교 대학원, 박사학위논문, 1991.
- 7) 차영수, "고해상도 DTM과 edge 정보를 이용한 건물추출에 관한 연구", 서울대학교 대학원, 석사학위논문, 1999.
- 8) 행정자치부, "수치정사사진 구축에 관한 연구", 1999.
- 9) Chen, Liang-Chien and Liang-Hwei Lee, "Rigorous Generation of Digital Orthophotos from SPOT Images", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 59, No. 5, 1993, pp. 655-661.
- 10) U. S. Geological Survey National Mapping Division, "Standards for Digital Orthophotos", 1992.
- 11) 옵텍사의 홈페이지, <http://www.optech.on.ca/secondpage-terres.html>