



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0131932
(43) 공개일자 2018년12월11일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/10 (2012.01) B64C 39/02 (2006.01)
B64D 47/08 (2006.01) G06Q 50/26 (2012.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
G06Q 50/10 (2015.01)
B64C 39/024 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2017-0068690</p> <p>(22) 출원일자 2017년06월01일
심사청구일자 2017년06월01일</p> | <p>(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)</p> <p>(72) 발명자
이근상
전라북도 전주시 완산구 화산천변로 50 (중화산동2가, 현대에코르아파트) 110동 1606호</p> <p>정관수
대전광역시 유성구 궁동로 5(궁동, 다솔아파트) 102동 206호
(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
이여송</p> |
|--|--|

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법

(57) 요약

본 발명은 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 드론으로 취득한 3차원 DSM 자료로부터 경사도 기법과 영역확장법을 공간정보 기술로 처리하여 DEM을 생성하는 기법을 개발하였으며, 연구대상지를 선정하고 드론 영상을 취득하였으며 영상매칭을 통해 정사영상과 DSM 자료를 구축하였고, 구축한 DSM 자료는 하천내 식생이나 수목을 포함하고 있기 때문에 하천 지반을 기준으로 하는 DEM을 생성하기 위해 UAV 촬영시 취득된 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 적용하고, 100개의 검증점을 선정한 후 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점)와 토달스테이션 측량을 통해 산정한 측량값을 활용하여 DSM과 DEM 자료의 표고정확도를 평가함으로써 드론 포인트 클라우드 기반 경사도기 법에 의한 DEM 자료의 신뢰성을 제공한다.

대표도 - 도10a



(52) CPC특허분류

B64D 47/08 (2013.01)

G06Q 50/26 (2013.01)

B64C 2201/127 (2013.01)

(72) 발명자

유완식

대전광역시 유성구 봉명서로20번길 17-17(봉명동)
202호

최미경

대전광역시 유성구 배울1로13 대우푸르지오 208동
1203호

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 하천 지형의 대상지에 n개의 GCP(Ground Control Point, 지상기준점)에 대해 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 수행하는 단계;

(b) 드론(UAV)의 k개의 카메라 영상을 취득하며, 각각의 사진 파일에 GPS와 INS 정보가 연결되며, 영상정합 소프트웨어(Pix4D SW)에 의해 낱장들을 정합하여 영상매칭을 통해 사진과 GPS와 INS 정보로부터 3차원 포인트 클라우드 정확도를 향상시켜 드론 기반 정사영상과 DSM(Digital Surface Model, 수치 표면 모델)을 생성하는 단계;

(c) 상기 DSM(Digital Surface Model, 수치 표면 모델)은 하천내 식생과 수목을 포함하기 때문에 하천 지반을 기준으로 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델)을 생성하기 위해,

드론(UAV)의 카메라 촬영을 통해 취득한 3차원 DSM 자료로부터 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법과 영역확장법을 사용하여 하천측량에 활용 가능한 표고값이 반영된 DEM을 생성하는 단계; 및

(d) 드론(UAV) 카메라 촬영시 취득된 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 적용하며, m 개의 검증점을 선정한 후, VRS 측량과 토달스테이션 측량을 통해 산정한 측량값을 활용하여 DSM과 DEM 자료의 표고정확도를 평가함으로써 드론 포인트 클라우드 기반 경사도 기법에 의한 DSM 자료의 수평 및 수직정확도를 평가하는 단계;

를 포함하는 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 드론은 비행기 형상의 NiR 카메라를 탑재한 고정익 드론을 사용하며,

드론(UAV)의 비행고도 195m에서 해상도 6cm급으로 촬영하도록 설계하였으며, 종·횡중복도는 각각 85%와 70%로 설계된, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 단계 (a)는

드론의 카메라 촬영을 통해 얻어진 영상은 기본적으로 WGS84 UTM 좌표계를 가지게 되며, 국내 측지좌표계인 GRS80 TM으로의 변환을 위해 하천 지형의 대상지에 10개의 GCP를 선정하였으며, 10개의 GCP에 대하여 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 수행하는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 드론의 카메라 촬영을 통해 취득한 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 활용하여 하천측량에 활용 가능한 표고값이 반영된 DEM을 생성하며, 포인트 클라우드 자료를 이용하여 하천내 수목을 분류하기 위해서는 비지면점과 지면점으로 구분되는 과정이 선행되고, 지면점 추출을 위하여 대상지역 지면의 경사도를 먼저 조사하고, 이 경사도를 기준으로 포인트 클라우드 자료내의 점간 거리와 표고차를 이용하여 경사도를 계산한 후 지면의 경사도와 비교하고 지면점을 분류하는 작업을 수행하며, 일정한 크기의 셀을 분할한 후 주어진 경사도 이내의 점들을 지면점으로 분류하며, 가상의 셀이 생성한 후 셀 내에 존재하는 다수의 포인트 클라우드 중 표고가 가장 낮은 포인트 시작 픽셀(seed pixel)로 할당하고 이웃셀과의 경사를 계산하여 사용자가 지정한 임계 경사값 이내에서 셀을 확장해 나가는 영역확장법을 적용하는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

포인트 클라우드 자료를 이용한 상기 영역확장법은 영상분야에서 개발된 이론으로서, 일반적으로 영상에서 동일한 객체의 영역에 소속된 픽셀들은 서로 유사한 통계적인 특성을 가지고 있는 것에 기초하고 있으며, 영역확장법은 영상의 이러한 특성을 이용하여 초기 시작점, 즉 seed 픽셀로부터 시작하여 주위 픽셀값들과 비교함으로써 유사한 영역을 확장시키며, seed 픽셀과 이웃한 픽셀들의 intensity 값을 비교하여 유사도가 높은 경우 동일한 영역으로 보고 영역을 확대하며,

영상에 영역의 동질성(homogeneity)을 검사하는 과정은 식 (1)에 의해 검사되며,

$$P(R_i^{(k)} \cup \{x\}) = TRUE \quad (1)$$

여기서, $P(\cdot)$ 는 논리적 술사(logical predicate)라고 하는데, True이면 괄호내의 영역이 동일한 영역이 되며, $\{x\}$ 는 초기 seed 픽셀을 의미하고, $R_i^{(k)}$ 는 초기 seed 픽셀과 이웃한 k개의 픽셀들을 의미하고, N은 이웃한 픽셀들의 전체 개수이며, 만약에 초기 seed 픽셀과 이웃한 영역이 서로 동질성을 갖는다면 식 (1)을 만족하게 되어 한 영역으로 확장되며,

Microstation V8과 Terra Scan/Terra Modeler를 기반으로 경사도 기법에 기초한 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델) 생성 프로세스를 적용하였으며, 전처리 과정에서 적용되는 매개변수는 포인트 클라우드의 밀도나 대상지의 지형여건에 따라 달라질 수 있으며, 기존의 연구에서 일반적으로 사용된 매개변수값을 기준으로 일부 값을 조정하였으며, 육안판독을 통해 가장 적절한 DEM을 선정하하는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 전처리 과정은, 먼저 모든 점들을 Default Class로 분류한 후 다른 포인트들에 비해서 너무 낮거나 너무 높은 표고값을 갖는 포인트들을 Low Point Class로 지정하며, Low Point Class 분류가 수행되고 남은 Default Class에 대해서 지면 클래스(Ground Class)를 분류하고, 상기 지면 클래스는 기본적으로 발생 가능한 최대각을 설정하고, 각 포인트들을 경사도를 통해 찾아가는 과정으로 수행되며, 상기 지면 클래스 추출을 위해 6° 각도를 기준으로 2m 반경내에 존재하는 다른 포인트들을 찾아가도록 수행하였으며, 1회 검색할 수 있는 최대거리는 5m로 제한하였으며, 제한된 영역 안에서 각도를 기준으로 다른 점들을 반복적으로 찾는 과정을 수행하였으며, 지면 포인트의 분류가 수행되고 남은 Default Class의 모든 포인트는 Low vegetation Class로 분류하였으며, Low vegetation Class에서 지면점을 기준으로 0.5m 이상 존재하는 점들은 Medium vegetation Class로, 3m 이상 존재하는 점들은 High vegetation Class로 분류하며,

활용하고자 하는 지면점을 정사영상으로부터 다시 확인하여 오분류된 점들을 지면점으로 분류하는 과정을 수행하였으며, 기본적으로, 6° 를 기준으로 지면을 분류하기 때문에 하천 지역의 경계(Boundary)를 급경사면이 나타나 하천 양안 제방 부근은 수목으로 인식되는 오류를 방지하기 위해 Terra Scan을 이용하여 하천 제방 부근에 대해서는 별도의 영역으로 설정하여 지면점을 수정하는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

식생과 수목을 포함하고 있는 하천의 일부 지역을 대상으로 선정하여 횡단구간에 대한 DSM과 DEM의 표고값에 대하여, 횡단구간내의 DSM 자료의 표고분포를 분석한 결과, 최대 10m 이상의 높이를 가진 수목이 위치하고 있어 DSM의 표고값이 지반을 나타내는 경사도 기법을 이용하여 생성한 DEM에 비해 표고분포가 매우 높게 나타나며, 포인트 클라우드를 기반으로 경사도 기법을 이용하여 생성한 DEM 자료의 경우 표고분포가 지반의 표고값과 유사하게 나타나는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

카메라가 구비된 드론 촬영을 통해 취득한 DSM 자료와 포인트 클라우드 자료 기반 경사도 기법을 통해 생성한 DEM 자료의 정확도 평가를 위해 100개의 검증점을 선정하였으며, 검증점은 식생이 거의 없는 지형을 비롯하여 지면으로부터 높이가 큰 식생이나 수목까지 다양하게 포함되도록 선정하는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형 정보 생성 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 단계 (c)는

각 검증점별 표고는 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량과 토탈스테이션 측량을 수행하여 취득하며, 식생이 거의 없는 지형은 VRS 측량을 통해 수평위치와 표고값을 취득하였으며, 지면으로부터 높이가 큰 수목의 경우 VRS 측량을 수행하기 어렵기 때문에 토탈스테이션을 활용하여 인접 지형에 프리즘을 위치한 후 원격 고저측량 방식으로 표고값을 취득하는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

각 검증점별 표고는 VRS 측량과 토탈스테이션 측량을 수행하여 취득하고, 식생이 거의 없는 지형은 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 통해 수평위치와 표고값을 취득하였으며, 지면으로부터 높이가 큰 수목의 경우는 VRS 측량을 수행하기 어렵기 때문에 토탈스테이션 측량을 활용하여 인접 지형에 프리즘을 위치한 후 원격 고저측량 방식으로 표고값을 취득하였으며,

100개의 검증점별로 DSM, DEM, 최확값(TRUE) 표고 분포를 나타낸 그래프이다. 분석 결과, 포인트 클라우드 자료로부터 경사도기법을 이용하여 생성한 DEM은 최확값(TRUE)과 유사한 패턴을 보였으며, 반면에 DSM의 경우, 식생이 거의 없는 검증점에서는 최확값(TRUE)과 유사하게 나타났으나 높은 수고(樹高)를 가지는 검증점에서는 최확값(TRUE)과 큰 차이가 나타나는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

100개의 검증점별로 DSM과 DEM 자료에 대해 VRS 측량과 토탈스테이션 측량을 통해 얻은 최확값(TRUE)을 기준으로 표고오차를 계산하며, 최확값(TRUE)을 기준으로 평가한 DSM의 표고오차 범위는 0.08~15.33m로 나타났으며 표준오차는 $\pm 3.84\text{m}$ 로 계산되었으며, 반면에, DEM의 표고오차 범위는 0.27~0.41m로 나타났으며, 표준오차는 $\pm 0.12\text{m}$ 로 계산되어 DSM 자료에 비해 표고오차가 낮은 것이 확인되었으며,

실제 지반의 표고값을 반영해야 하는 하천측량의 경우, 드론(UAV)의 카메라 영상으로부터 취득한 DSM 자료로부터 포인트 클라우드 기반 경사도 기법을 적용하여 DEM을 생성하여 활용하며,

UAV 포인트 클라우드 기반 경사도 기법을 적용하여 분석한 DEM 자료가 하천정비기본계획, 홍수모델링, 유사량평가의 하천업무 수행을 위한 지형자료로 사용되는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 드론으로 취득한 3차원 DSM(Digital Surface Model, 수치 표면 모델) 자료로부터 경사도 기법과 영역확장법을 공간정보 기술로 처리하여 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델)을 생성하는 기법을 개발하는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 1. 배경 기술

- [0003] 하천주변 지역에 대한 지형자료는 국가하천, 지방하천 그리고 소하천 등의 각종 하천종합계획 수립을 비롯하여 대상하천의 환경 및 무분별한 개발행위의 제한 그리고 홍수 등의 재난관리 업무에 필수적으로 활용되고 있다. 따라서 최근 하천정비기본계획, 하천시설물 설치, 홍수분석, 유사량 해석 등과 같은 하천업무에 공간정보나 영상자료를 활용한 다양한 연구가 시도되고 있다.
- [0004] 먼저, GIS 기반 소프트웨어에서 실측단면을 이용하여 등간격 하도단면 및 유한요소망을 구축한 연구를 비롯하여, GIS를 활용하여 LiDAR 자료의 점밀도에 따른 침수영향을 분석한 연구도 있었다. 또한, 공간정보를 이용하여 3차원 하천 경계선을 매핑하는 연구, 및 위성영상으로부터 영상분류기법을 통해 하천의 형상을 추출하는 연구도 있었다.
- [0005] 하천의 지형자료 취득을 위한 기존의 하천측량 작업과정을 살펴보면, 먼저 1/50,000 지형도를 이용하여 유로상황, 지역면적, 지형 등을 확인하는 도상조사를 실시한 후 GPS(Global Positioning System), 토달스테이션, 레벨을 이용하여 평면 및 종횡단측량을 수행하고 있다. 이러한 기존의 하천측량 방법은 광범위한 하천지역을 모두 관측하기에는 시간과 비용에 한계가 있기 때문에 약 200 횡단간격별로 수평위치와 표고값을 관측하여 성과물을 산출하게 된다. 따라서, 연속적으로 변하는 하천의 형상을 3차원으로 모델링할 수 없고, 특히 불규칙한 하천내에 식생이나 수목과 같은 지형지물이 많이 분포할 경우 지반의 정확한 표고값을 반영하기 어렵게 된다. 이와 같이, 횡단측량 성과에 의존한 하천지형 자료는 하천 전반에 대한 지형을 대표할 수 없기 때문에 하천정비기본계획을 통한 치수시설물 규모 결정을 비롯하여 홍수모델링 그리고 유사량 평가시 신뢰성을 확보하기 어려운 문제가 있다. 따라서, 하천에 대한 신속하고 신뢰도 높은 3차원 지형자료 생성에 대한 연구가 요구되고 있다.
- [0006] 최근, 공간정보 분야에서 드론을 활용한 3차원 지형자료 구축 연구가 활발히 진행중에 있다. 드론은 무인비행측량시스템(UAV; Unmanned Aerial Vehicle) 이라고 한다. 드론은 위치정보와 자세정보를 취득하는 GPS와 INS(Inertial Navigation System, 관성 항법 장치) 센서를 비롯하여 영상을 촬영하는 카메라가 탑재되어 있으며, 최근 VRS(Virtual Reference Station) 측량이 가능한 드론 장비까지 사업에 활용되면서 보다 신속하게 지형을 모델링할 수 있게 되었다.
- [0007] 하천주변 지형 지물에 대한 모델링을 위해 드론을 활용한 연구는 다음과 같다. 먼저, 드론(UAV)을 활용하여 소하천 지형자료 구축에 관한 효용성을 평가한 연구를 비롯하여, 드론 영상으로부터 수변구조물의 DSM(Digital Surface Model, 수치 표면 모델) 생성 및 정확도를 분석한 연구도 있었다. 또한, 접근 불가 지역에 대한 지형자료 취득을 위해 드론을 활용하거나 드론 사진측량기법을 활용하여 해변지형에 대한 모델링을 수행한 연구도 있었다. 그리고, 재난재해 분야의 활용사례로서, 근적외선(NiR) 센서를 드론에 탑재한 후 취득된 영상에 대해 다양한 영상분류 기법을 적용하여 수체탐지 정확도를 평가한 연구와 드론으로 관측한 지형자료를 무한사면해석모형과 연계하여 산사태 위험도를 평가한 연구도 있었다.
- [0008] 이와 같이, 드론을 활용하여 3차원 지형모델링을 수행한 후 재난재해, 도시계획, 식생, 농업분야에 활용하는 연구들이 많이 발표되었다. 그러나, 기존의 드론을 활용한 지형모델링의 경우 지형지물을 모두 포함하는 DSM 자료를 기반으로 하고 있다. 하천지형은 식생, 수목, 구조물 등 다양한 지형지물이 분포하고 있으며, 하천정비기본계획을 비롯하여 홍수모델링 및 유사량분석 등에서 활용되는 지형자료는 순수한 지반의 표고값인 DEM(Digital Elevation Model) 자료이므로 드론으로 취득한 DSM 자료로부터 지형지물을 제거해야 DEM을 얻을 수 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0009] (비특허문헌 0001) (001) Casbeer, D. W., Li, S. M., Beard, R. W., McLain, T. W. and Mehra, R. K., 2008, "Fire Monitoring with Multiple Small UAVs" Proceedings of the American Control Conference, Portland, USA. Colomina.
- (비특허문헌 0002) (002) Colomina, I., Blazquez, M., Molina, P., Pares, M. E. and Wis, M., 2008, "A New Paradigm for High-Resolution Low-Cost Photogrammetry and Remote Sensing" ISPRS XXI Congress, Beijing, China, Jul. 3-11, 2008. pp.1201-1206.
- (비특허문헌 0003) (003) Everaerts, J., 2008, "Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Remote Sensing and Mapping" ISPRS XXI Congress, 2008.6. Beijing China, pp. 1187-1191.
- (비특허문헌 0004) (004) Grenzdorffer, G. J., Engel, A., Teichert, B., 2008, "Photogrammetric

Potential of Low-Cost UAVS in Forestry and Agriculture” ISPRS XXI Congress, 2008.6. Beijing China, pp.1207-1213.

(비특허문헌 0005) (005) Nagai, M., Chen, T., Ahmed, A. and Shibasaki, R., 2008, “Borne Mapping by Multi Sensor Integration” ISPRS XXI Congress, Beijing, China, Jul. 3-11, 2008, pp.1215-1221.

(비특허문헌 0006) (006) Nebiker, S., Annen, A., Scherrer, M. and Oesch, D., 2008. “Light-Weight Multispectral Sensor for Micro UAV - Opportunities for Very High Resolution Airborne Remote Sensing” ISPRS XXI Congress, Beijing, China, Jul. 3-11, 2008. pp.1193-1199.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 드론으로 취득한 3차원 DSM 자료로부터 경사도 기법과 영역확장법을 공간정보 기술로 처리하여 DEM을 생성하는 기법을 개발하는데 그 목적을 두었으며, 연구대상지를 선정하여 드론 영상을 취득하였으며 영상매칭을 통해 정사영상과 DSM 자료를 구축하였고, 구축한 DSM 자료는 하천내 식생이나 수목을 포함하고 있기 때문에 하천 지반을 기준으로 하는 DEM을 생성하기 위해 UAV 촬영시 취득된 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 적용하고, 100개의 검증점을 선정한 후 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량과 토탈스테이션 측량을 통해 산정한 측량값을 활용하여 DSM과 DEM 자료의 표고정확도를 평가함으로써 드론 포인트 클라우드 기반 경사도기 법에 의한 DEM 자료의 신뢰성을 제공하는, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 목적을 달성하기 위해, 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법은, (a) 하천 지형의 대상지에 n개의 GCP(Ground Control Point, 지상기준점)에 대해 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 수행하는 단계; (b) 드론(UAV)의 k개의 카메라 영상을 취득하며, 각각의 사진 파일에 GPS와 INS 정보가 연결되며, 영상정합 소프트웨어(Pix4D SW)에 의해 낱장들을 정합하여 영상매칭을 통해 사진과 GPS와 INS 정보로부터 3차원 포인트 클라우드 정확도를 향상시켜 드론 기반 정사영상과 DSM(Digital Surface Model, 수치 표면 모델)을 생성하는 단계; (c) 상기 DSM(Digital Surface Model, 수치 표면 모델)은 하천내 식생과 수목을 포함하기 때문에 하천 지반을 기준으로 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델)을 생성하기 위해, 드론(UAV)의 카메라 촬영을 통해 취득한 3차원 DSM 자료로부터 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법과 영역확장법을 사용하여 하천측량에 활용 가능한 표고값이 반영된 DEM을 생성하는 단계; 및 (d) 드론(UAV) 카메라 촬영시 취득된 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 적용하며, m 개의 검증점을 선정한 후, VRS 측량과 토탈스테이션 측량을 통해 산정한 측량값을 활용하여 DSM과 DEM 자료의 표고정확도를 평가함으로써 드론 포인트 클라우드 기반 경사도 기법에 의한 DSM 자료의 수평 및 수직정확도를 평가하는 단계를 포함한다.

[0012] 상기 드론은 비행기 형상의 NiR 카메라를 탑재한 고정익 드론을 사용하며, 드론(UAV)의 비행고도 195m에서 해상도 6cm급으로 촬영하도록 설계하였으며, 중·횡중복도는 각각 85%와 70%로 설계된 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 단계 (a)는, 드론의 카메라 촬영을 통해 얻어진 영상은 기본적으로 WGS84 UTM 좌표계를 가지게 되며, 국내 측지좌표계인 GRS80 TM으로의 변환을 위해 하천 지형의 대상지에 10개의 GCP를 선정하였으며, 10개의 GCP에 대하여 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 수행한다.

[0014] 상기 드론의 카메라 촬영을 통해 취득한 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 활용하여 하천측량에 활용 가능한 표고값이 반영된 DEM을 생성하며, 포인트 클라우드 자료를 이용하여 하천내 수목을 분류하기 위해서는 비지면점과 지면점으로 구분되는 과정이 선행되고, 지면점 추출을 위하여 대상지역 지면의 경사도를 먼저 조사하고, 이 경사도를 기준으로 포인트 클라우드 자료내의 점간 거리와 표고차를 이용하여 경사도를 계산한 후 지면의 경사도와 비교하고 지면점을 분류하는 작업을 수행하며, 일정한 크기의 셀을 분할한 후 주어진 경사도 이내의 점들을 지면점으로 분류하며, 가상의 셀이 생성한 후 셀 내에 존재하는 다수의 포인트 클라우드 중 표고가 가장 낮은 포인트 시작 픽셀(seed pixel)로 할당하고 이웃셀과의 경사를 계산하여 사용자가 지정한 임계 경사값 이내에서 셀을 확장해 나가는 영역확장법을 적용한다.

[0015] 포인트 클라우드 자료를 이용한 상기 영역확장법은 영상분야에서 개발된 이론으로서, 일반적으로 영상에서 동일

한 객체의 영역에 소속된 픽셀들은 서로 유사한 통계적인 특성을 가지고 있는 것에 기초하고 있으며, 영역확장 방법은 영상의 이러한 특성을 이용하여 초기 시작점, 즉 seed 픽셀로부터 시작하여 주위 픽셀값들과 비교함으로써 유사한 영역을 확장시키며, seed 픽셀과 이웃한 픽셀들의 intensity 값을 비교하여 유사도가 높은 경우 동일한 영역으로 보고 영역을 확대하며,

[0016] 영상에 영역의 동질성(homogeneity)을 검사하는 과정은 식 (1)에 의해 검사되며, $P(R_i^{(k)} \cup \{x\}) = TRUE$ (1)

[0017] 여기서, $P(\cdot)$ 는 논리적 술사(logical predicate)라고 하는데, True이면 괄호내의 영역이 동일한 영역이 되며, $\{x\}$ 는 초기 seed 픽셀을 의미하고, $R_i^{(k)}$ 는 초기 seed 픽셀과 이웃한 k개의 픽셀들을 의미하고, N은 이웃한 픽셀들의 전체 개수이며, 만약에 초기 seed 픽셀과 이웃한 영역이 서로 동질성을 갖는다면 식 (1)을 만족하게 되어 한 영역으로 확장되며,

[0018] Microstation V8과 Terra Scan/Terra Modeler를 기반으로 경사도 기법에 기초한 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델) 생성 프로세스를 적용하였으며, 전처리 과정에서 적용되는 매개변수는 포인트 클라우드의 밀도나 대상지의 지형여건에 따라 달라질 수 있으며, 기존의 연구에서 일반적으로 사용된 매개변수값을 기준으로 일부 값을 조정하였으며, 육안판독을 통해 가장 적절한 DEM을 선정하하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 상기 전처리 과정은, 먼저 모든 점들을 Default Class로 분류한 후 다른 포인트들에 비해서 너무 낮거나 너무 높은 표고값을 갖는 포인트들을 Low Point Class로 지정하며, Low Point Class 분류가 수행되고 남은 Default Class에 대해서 지면 클래스(Ground Class)를 분류하고, 상기 지면 클래스는 기본적으로 발생 가능한 최대각을 설정하고, 각 포인트들을 경사도를 통해 찾아가는 과정으로 수행되며, 상기 지면 클래스 추출을 위해 6° 각도를 기준으로 2m 반경내에 존재하는 다른 포인트들을 찾아가도록 수행하였으며, 1회 검색할 수 있는 최대거리는 5m로 제한하였으며, 제한된 영역 안에서 각도를 기준으로 다른 점들을 반복적으로 찾는 과정을 수행하였으며, 지면 포인트의 분류가 수행되고 남은 Default Class의 모든 포인트는 Low vegetation Class로 분류하였으며, Low vegetation Class에서 지면점을 기준으로 0.5m 이상 존재하는 점들은 Medium vegetation Class로, 3m 이상 존재하는 점들은 High vegetation Class로 분류하며,

[0020] 활용하고자 하는 지면점을 정사영상으로부터 다시 확인하여 오분류된 점들을 지면점으로 분류하는 과정을 수행하였으며, 기본적으로, 6°를 기준으로 지면을 분류하기 때문에 하천 지역의 경계(Boundary)를 급경사면이 나타나는 하천 양안 제방 부근은 수목으로 인식되는 오류를 방지하기 위해 Terra Scan을 이용하여 하천 제방 부근에 대해서는 별도의 영역으로 설정하여 지면점을 수정하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 상기 방법은 식생과 수목을 포함하고 있는 하천의 일부 지역을 대상지로 선정하여 횡단구간에 대한 DSM과 DEM의 표고값에 대하여, 횡단구간내의 DSM 자료의 표고분포를 분석한 결과, 최대 10m 이상의 높이를 가진 수목이 위치하고 있어 DSM의 표고값이 지반을 나타내는 경사도 기법을 이용하여 생성한 DEM에 비해 표고분포가 매우 높게 나타나며, 반면에 포인트 클라우드를 기반으로 경사도 기법을 이용하여 생성한 DEM 자료의 경우 표고분포가 지반의 표고값과 유사하게 나타나는 것을 특징으로 한다.

[0022] 상기 방법은 카메라가 구비된 드론 촬영을 통해 취득한 DSM 자료와 포인트 클라우드 자료 기반 경사도 기법을 통해 생성한 DEM 자료의 정확도 평가를 위해 100개의 검증점을 선정하였으며, 검증점은 식생이 거의 없는 지형을 비롯하여 지면으로부터 높이가 큰 식생이나 수목까지 다양하게 포함되도록 선정한다.

[0023] 상기 단계 (c)에서는, 각 검증점별 표고는 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량과 토탈스테이션 측량을 수행하여 취득하며, 식생이 거의 없는 지형은 VRS 측량을 통해 수평위치와 표고값을 취득하였으며, 지면으로부터 높이가 큰 수목의 경우 VRS 측량을 수행하기 어렵기 때문에 토탈스테이션을 활용하여 인접 지형에 프리즘을 위치한 후 원격 고저측량 방식으로 표고값을 취득한다.

[0024] 각 검증점별 표고는 VRS 측량과 토탈스테이션 측량을 수행하여 취득하고, 식생이 거의 없는 지형은 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 통해 수평위치와 표고값을 취득하였으며, 지면으로부터 높이가 큰 수목의 경우는 VRS 측량을 수행하기 어렵기 때문에 토탈스테이션 측량을 활용하여 인접 지형에 프리즘을 위치한 후 원격 고저측량 방식으로 표고값을 취득하였으며,

[0025] 100개의 검증점별로 DSM, DEM, 최확값(TRUE) 표고 분포를 나타낸 그래프이다. 분석 결과, 포인트 클라우드 자료로부터 경사도기법을 이용하여 생성한 DEM은 최확값(TRUE)과 유사한 패턴을 보였으며, 반면에 DSM의 경우, 식생

이 거의 없는 검증점에서는 최확값(TRUE)와 유사하게 나타났으나 높은 수고(樹高)를 가지는 검증점에서는 최확값(TRUE)과 큰 차이가 나타난다.

- [0026] 100개의 검증점별로 DSM과 DEM 자료에 대해 VRS 측량과 토탈스테이션 측량을 통해 얻은 최확값(TRUE)을 기준으로 표고오차를 계산하며, 최확값(TRUE)을 기준으로 평가한 DSM의 표고오차 범위는 0.08~15.33m로 나타났으며 표준오차는 $\pm 3.84\text{m}$ 로 계산되었으며, 반면에, DEM의 표고오차 범위는 0.27~0.41m로 나타났으며, 표준오차는 $\pm 0.12\text{m}$ 로 계산되어 DSM 자료에 비해 표고오차가 낮은 것이 확인되었으며,
- [0027] 실제 지반의 표고값을 반영해야 하는 하천측량의 경우, 드론(UAV)의 카메라 영상으로부터 취득한 DSM 자료로부터 포인트 클라우드 기반 경사도 기법을 적용하여 DEM을 생성하여 활용하며,
- [0028] UAV 포인트 클라우드 기반 경사도 기법을 적용하여 분석한 DEM 자료가 하천정비기본계획, 홍수모델링, 유사량평가의 하천업무 수행을 위한 지형자료로 사용된다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명에 따른 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법은 드론으로 취득한 3차원 DSM 자료로부터 경사도 기법과 영역확장법을 공간정보 기술로 처리하여 DEM을 생성하는 기법을 개발하였으며, 연구대상지를 선정하여 드론 영상을 취득하였으며 영상매칭을 통해 정사영상과 DSM 자료를 구축하였다. 구축한 DSM 자료는 하천내 식생이나 수목을 포함하고 있기 때문에 하천 지반을 기준으로 하는 DEM을 생성하기 위해 UAV 촬영시 취득된 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 적용하였다. 그리고, 100개의 검증점을 선정한 후, VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량과 토탈스테이션 측량을 통해 산정한 측량값을 활용하여 DSM과 DEM 자료의 표고정확도를 평가함으로써 드론 포인트 클라우드 기반 경사도기 법에 의한 DEM 자료의 신뢰성을 제시하였다.
- [0030] 본 연구에서는 드론 측량을 통해 취득된 포인트 클라우드 자료로부터 경사도기법을 적용하여 하천업무에 활용 가능한 지형자료를 구축하였으며, 대전광역시 서구 갑천 일부구간을 대상으로 선정하여 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.
- [0031] 첫째, eMotion SW를 활용하여 비행계획을 수립하였으며 드론 촬영으로부터 얻어진 391매의 사진을 Pix4D SW로 처리하여 정사영상, 포인트 클라우드 그리고 DSM 자료를 구축하는 기법을 제시할 수 있었다. 특히 영상접합의 신뢰도를 확보하기 위해 GCP 측량을 수행한 결과 X(E), Y(N), Z의 표준편차가 각각 0.016m, 0.019m, 0.041m로서 나타났으며, 따라서 최종 결과물인 정사영상, 포인트 클라우드 그리고 DSM 자료의 수평 및 수직정확도를 각각 2cm와 5cm 이내로 확보할 수 있었다.
- [0032] 둘째, UAV를 통해 취득된 포인트 클라우드를 기반으로 경사도기법을 적용하여 하천업무에 활용 가능한 DEM 자료를 구축할 수 있었으며, 특히 식생과 수목이 일부 포함된 지역을 대상으로 횡단면도를 확인한 결과 DSM에 포함된 수고(樹高)가 DEM에서 제거되었음을 확인할 수 있었다.
- [0033] 셋째, VRS 측량과 토탈스테이션 측량을 활용하여 100개의 검증점에 대한 최확값(TRUE)을 취득하였으며, 이를 통해 DSM과 DEM 자료의 표고정확도를 계산한 결과 DSM과 DEM의 표준오차는 각각 $\pm 3.84\text{m}$ 와 $\pm 0.12\text{m}$ 로 나타났다. 따라서, UAV 포인트 클라우드 기반 경사도기법을 적용하여 분석한 DEM 자료가 하천정비기본계획, 홍수모델링, 유사량평가 등의 하천업무 수행을 위한 지형자료로 효과적임을 알 수 있었다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 드론 기반 정사영상과 DSM 생성을 위한 연구 대상지 사진이다.
- 도 2는 2번, 9번, 10번 GCP(Ground Control Point, 지상기준점)에 대해 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 수행하는 화면이다.
- 도 3은 비행계획 소프트웨어(eMotion SW)를 활용하여 드론의 비행계획을 설계하는 화면이다.
- 도 4는 eMotion SW의 「Flight Data Manager」 기능을 이용하여 사진파일에 GPS와 INS 정보를 연결하는 화면이다.
- 도 5는 드론 항공촬영 사진들을 영상 정합 소프트웨어(Pix4D SW)를 사용하여 영상접합 프로세싱을 나타낸 화면이다.
- 도 6은 영상 정합 소프트웨어(Pix4D SW)를 통해 생성된 정사영상(Orthomosaic)과 수치표면모델(DSM, Digital

Surface Model) 자료를 나타낸 사진이다.

도 7은 정사영상과 DSM 파일을 이용하여 Virtual Survey SW로 구현한 일부하천 구간에 대한 3차원 모델링 화면이다.

도 8은 셀 분할을 통한 지연점 분류 도면이다.

도 9는 영역확장법 모식도이다.

도 10a는 경사도 기법에 기초한 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델) 생성 프로세스를 나타낸 순서도이다.

도 10b는 포인트 클라우드(점군 데이터)를 설명한 도면이다.

도 10c는 토탈스테이션을 설명한 도면이다.

도 11은 (a) 하천 지형자료의 정확도 평가를 위해 설정한 경계내로 절취한 드론 DSM 자료이며, (b) 포인트 클라우드 자료 기반 경사도기법을 이용하여 생성한 DEM이다.

도 12는 식생과 수목을 포함하고 있는 하천의 일부 지역을 선정하여 횡단구간에 대한 DSM과 DEM의 표고값을 나타낸 도면이다.

도 13은 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점)와 토탈스테이션을 활용한 검증점 측량 사진이다.

도 14는 100개의 검증점별로 DSM, DEM, 최확값(TRUE) 표고 분포를 나타낸 그래프이다.

도 15는 검증점별 DSM, DEM 오차를 나타낸 그래프이다.

도 16은 DSM과 DEM 표준오차 분석을 비교한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 발명의 구성 및 동작을 상세하게 설명한다.

2. 드론 기반 정사영상과 DSM 생성

2.1 대상지 선정과 지상기준점 측량

본 연구에서는 드론으로 취득한 3차원 DSM 자료로부터 경사도 기법과 영역확장법을 공간정보 기술로 처리하여 DEM을 생성하는 기법을 개발하는데 있다. 실시예에서는, 대전광역시 서구에 위치하고 있는 갑천 일부 구간을 연구대상지로 선정하여 드론 영상을 취득하였으며 영상매칭을 통해 정사영상과 DSM 자료를 구축하였다. 구축한 DSM 자료는 하천내 식생이나 수목을 포함하고 있기 때문에 하천 지반을 기준으로 하는 DEM을 생성하기 위해 UAV 촬영시 취득된 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 적용하였다. 그리고, 100개의 검증점을 선정 한 후, VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량과 토탈스테이션 측량을 통해 산정한 측량값을 활용하여 DSM과 DEM 자료의 표고정확도를 평가함으로써 드론 포인트 클라우드 기반 경사도 기법에 의한 DEM 자료의 신뢰성을 제시하였다.

도 1은 드론 기반 정사영상과 DSM 생성을 위한 연구 대상지 사진이다.

본 연구에서는 도 1과 같이 대전광역시 서구에 위치하고 있는 일부 하천구간을 연구 대상으로 선정하였다. 대상 지역은 국가하천인 갑천구간으로써 약 1.5km의 하도길이를 가지고 있다. 하천지형은 식생, 수목, 구조물 등 다양한 지형지물이 분포하고 있다

드론 촬영을 통해 얻어진 영상은 기본적으로 WGS84 UTM 좌표계를 가지게 되며, 국내 측지좌표계인 GRS80 TM으로의 변환을 위해서는 지상기준점(GCP; Ground Control Point) 측량을 수행해야 한다. GCP(Ground Control Point, 지상기준점) 측량을 위해 도 1에 도시된 바와 같이, 총 10점을 지상기준점(GCP)으로 선정하였으며, GCP 측량은 가상기준점을 활용하여 측위가 가능한 VRS 측량을 사용하였다. VRS 측량은 약 3~5cm 정도의 수평 및 수직 오차를 가지고 있으나, 하천 지형 측량은 하상이 매우 불규칙하고 측정하는 수신기의 위치에 따라 상당량의 오차가 발생하므로 VRS 측량을 사용하였다. 표 1은 VRS 측량을 통해 취득한 GCP 측량결과를 보여주고 있으며, 도 2는 2번, 9번, 10번 GCP(Ground Control Point, 지상기준점)에 대해 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 수행하는 화면이다.

표 1

GCP 측량결과

No	East	North	EL.m
1	231862.98	414225.26	64.99
2	231729.91	413933.67	64.74
3	231699.53	413571.26	66.36
4	231503.69	413696.18	69.30
5	231510.15	413915.95	69.84
6	231614.92	414189.78	69.66
7	231710.47	414372.54	69.64
8	231747.83	414630.94	69.65
9	231738.74	414894.39	67.61
10	231957.37	414941.70	86.50

[0042]

[0043] 2.2 드론 기반 정사영상과 DSM 생성

[0044] 하천 지형자료 취득을 위해 사용한 드론 장비는 비행기 형상의 고정익 드론(스위스 SenseFly에서 제작한 eBee 모델)로써 최대 50분까지 비행이 가능하고 단일비행 시 약 12km²의 비행이 가능하다. 디지털 카메라는 비측량용 카메라인 일본 Sony사의 WX220 모델로써 초점거리는 4~25mm이다.

[0045] 표 2는 본 연구에서 이용한 드론 장비의 제원을 나타낸 것이다.

표 2

드론 제원

분류	내용
생산자	SenseFly(스위스)
날개길이	0.96m
중량	약 0.69kg
배터리	11.1V, 2150mAh
최장 운영시간	50 분
비행속도	40-90km/h
착륙(선형)정확도	약 5m

[0046]

[0047] 드론(UAV)의 비행계획수립은 eMotion SW를 활용하였으며, 대상지역은 주변에 높은 산지를 포함하고 있어 드론의 카메라 촬영시 충돌의 위험 등을 고려하여 비행고도 195m에서 해상도 6cm급으로 촬영하도록 설계하였다. 또한, 중·횡중복도는 각각 85%와 70%로 설계하였으며, 하천 지역 대상지역의 면적을 고려하여 총 2회 촬영하여 영상을 접합하였다.

[0048] 도 3은 비행계획 소프트웨어(eMotion SW)를 활용하여 드론의 비행계획을 설계하는 화면이다.

[0049] 연구 대상지역에 대해 총 391매의 사진을 촬영하였으며, eMotion SW의 「Flight Data Manager」 기능을 이용하여 도 4에 도시된 바와 같이, 사진파일에 GPS와 INS 정보를 연결하였다.

[0050] 도 5는 드론 항공촬영 사진들을 영상 정합 소프트웨어(Pix4D SW)를 사용하여 영상접합 프로세싱을 나타낸 화면이다.

[0051] 실시예에서, 도 5에 도시된 바와 같이, 영상 정합은 Pix4D SW(영상정합 소프트웨어)를 사용하여 수행하였다. 영상접합 과정에서 VRS 측량을 통해 얻어진 10개의 GCP(지상기준점)에 대한 X(E), Y(N), Z의 표준편차는 각각

0.016m, 0.019m, 0.041m로 평가되었다. 따라서, 정사영상, 포인트 클라우드 그리고 DSM 자료의 수평 및 수직정확도를 각각 2cm와 5cm 이내로 확보할 수 있었다.

[0052] 영상정합 소프트웨어(Pix4D SW)는 사진, GPS, INS(Inertial Navigation System, 관성 항법 장치) 정보로부터 3차원 포인트 클라우드 정확도를 향상시켜 궁극적으로 신뢰도 높은 정사영상과 DSM 자료를 생성한다.

[0053] 도 6은 영상 정합 소프트웨어(Pix4D SW)를 통해 생성된 정사영상(Orthomosaic)과 수치표면모델(DSM, Digital Surface Model) 자료를 나타낸 사진이다. 참고로, 정사영상에 하천지형자료의 정확도 평가를 위한 경계(Boundary)와 검증점(Validation)을 함께 표시하였으며, 구축한 정사영상과 DSM 자료의 용량은 각각 837MB와 816MB로 나타났다.

[0054] 3. 공간정보 기술을 이용한 하천지형자료 구축

[0055] 드론(UAV)의 카메라를 사용하여 구축한 DSM(Digital Surface Model, 수치 표면 모델) 자료는 하천내 식생과 수목 등을 포함하고 있기 때문에, 하천측량시 실제 필요로 하는 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델) 자료와는 차이를 보이게 된다.

[0056] 도 7은 정사영상과 DSM 파일을 이용하여 Virtual Survey SW로 구현한 일부하천 구간에 대한 3차원 모델링 화면이다. 하천내의 수목이나 식생의 영향으로 실제 지반보다 높은 표고값이 반영된 DSM 자료가 생성되었음을 보여주고 있다.

[0057] 이러한 지형지물들을 추출하거나 제거하기 위해 포인트 클라우드 자료를 이용하는 연구들이 항공레이저측량분야를 중심으로 진행되어 왔다. 포인트 클라우드를 활용한 기존의 연구들은 Local Maxima 방법을 이용하여 건물을 추출하는 부분에 집중되었다. Local Maxima 방법은 필터의 크기와 높이 임계값이 변수로 사용되며 필터 내에 포함된 포인트 자료들의 최저 표고값을 계산하고 최저 표고값 보다 가해진 임계값 이상의 표고값을 갖는 자료를 비지면점으로 분류한다. Local Maxima는 적용지역의 분류할 건물과 같은 지상물의 최대 건물 크기를 미리 파악해야 하며 매우 큰 지상물을 제거하기 위해서는 필터의 크기가 커지고 동시에 필터의 경사가 작아지기 때문에 경사지역에서는 적용이 어렵게 된다.

[0058] 따라서, 본 발명에서는 드론의 카메라 촬영을 통해 취득한 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 활용하여 하천측량에 활용 가능한 표고값이 반영된 DEM을 생성하였다.

[0059] 포인트 클라우드 자료를 이용하여 하천내 수목을 분류하기 위해서는 비지면점과 지면점으로 구분되는 과정이 선행되어야 한다. 지면점 추출을 위하여 대상지역 지면의 경사도를 먼저 조사하고, 이 경사도를 기준으로 포인트 클라우드 자료내의 점간 거리와 표고차를 이용하여 경사도를 계산한 후 지면의 경사도와 비교하고 지면점을 분류하는 작업을 수행하여야 한다. 이 경우 계산되는 셀의 영역이 너무 클 경우 그림 8(a)와 같이 수목이 지면으로 오분류되는 문제가 발생하며, 이를 해결하기 위해서는 하천 지역 대상지 내의 수목의 폭이나 지형특성을 고려한 셀의 영역을 설정하는 것이 중요하다.

[0060] 도 8은 셀 분할을 통한 지면점 분류 도면이다. 도 8(b)는 일정한 크기의 셀을 분할한 후 주어진 경사도 이내의 점들을 지면점으로 분류하는 과정으로서, 도 8(a)에서 수목이 지면으로 오분류되는 문제가 해결됨을 알 수 있다.

[0061] 가상의 셀이 생성한 후 셀 내에 존재하는 다수의 포인트 클라우드 중 표고가 가장 낮은 포인트 시작 픽셀(seed pixel)로 할당하고 이웃셀과의 경사를 계산하여 사용자가 지정한 임계 경사값 이내에서 셀을 확장해 나가는 영역확장법을 적용하였다.

[0062] 도 9는 영역확장법 모식도이다.

[0063] 포인트 클라우드 자료를 이용한 영역확장법은 영상분야에서 개발된 이론으로서, 일반적으로 영상에서 동일한 객체의 영역에 소속된 픽셀들은 서로 유사한 통계적인 특성을 가지고 있는 것에 기초하고 있다. 영역확장법은 영상의 이러한 특성을 이용하여 초기 시작점, 즉 seed 픽셀로부터 시작하여 주위 픽셀값들과 비교함으로써 유사한 영역을 확장시키는 방법이다. 도 8에서 보는 바와 같이, seed 픽셀과 이웃한 픽셀들의 intensity 값을 비교하여 유사도가 높은 경우 동일한 영역으로 보고 영역을 확대해 나간다(Pitas, 1993).

[0064] 영상에 영역의 동질성(homogeneity)을 검사하는 과정은 식 (1)과 같다.

[0065]
$$P(R_i^{(k)} \cup \{x\}) = TRUE \quad (1)$$

- [0066] 여기서 $P(\cdot)$ 는 논리적 술사(logical predicate)라고 하는데, True이면 괄호내의 영역이 동일한 영역이 된다. $\{x\}$ 는 초기 seed 픽셀을 의미하고, $R_i^{(k)}$ 는 초기 seed 픽셀과 이웃한 k개의 픽셀들을 의미한다. 여기서 N은 이웃한 픽셀들의 전체 개수이다. 만약 초기 seed 픽셀과 이웃한 영역이 서로 동질성을 갖는다면 식 (1)을 만족하게 되어 한 영역으로 확장될 수 있다.
- [0067] 본 발명에서는 Bentley 사의 Microstation V8과 Terrasolid 사의 Terra Scan/Terra Modeler를 기반으로 도 10과 같은 경사도 기법에 기초한 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델) 생성 프로세스를 적용하였다. 전처리 과정에서 적용되는 매개변수는 포인트 클라우드의 밀도나 대상지의 지형여건에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 기존의 연구에서 일반적으로 사용된 매개변수값을 기준으로 일부 값을 조정하였으며, 육안판독을 통해 가장 적절한 DEM을 선정하였다.
- [0068] 전처리 과정을 살펴보면, 먼저 모든 점들을 Default Class로 분류한 후 다른 포인트들에 비해서 너무 낮거나 너무 높은 표고값을 갖는 포인트들을 Low Point Class로 지정하게 된다. Low Point Class 분류가 수행되고 남은 Default Class에 대해서 지면(Ground) Class를 분류하는 과정을 수행한다. 지면 클래스는 기본적으로 발생 가능한 최대각을 설정하고, 각 포인트들을 경사도를 통해 찾아가는 과정으로 수행된다. 본 발명에서는 지면 Class 추출을 위해 일반적으로 사용되는 각도인 6° 를 기준으로 2m 반경내에 존재하는 다른 포인트들을 찾아가도록 수행하였다. 1회 검색할 수 있는 최대거리는 5m로 제한하였으며, 제한된 영역 안에서 각도를 기준으로 다른 점들을 반복적으로 찾는 과정을 수행하였다. 지면 포인트의 분류가 수행되고 남은 Default Class의 모든 포인트는 Low vegetation Class로 분류하였다. Low vegetation Class에서 지면점을 기준으로 0.5m 이상 존재하는 점들은 Medium vegetation Class로, 3m 이상 존재하는 점들은 High vegetation Class로 분류하였다.
- [0069] 본 발명에서 활용하고자 하는 지면점을 정사영상으로부터 다시 확인하여 오분류된 점들을 지면점으로 분류하는 과정을 수행하였다. 기본적으로, 6° 를 기준으로 지면을 분류하기 때문에 급경사면이 나타나는 하천 양안 제방 부근은 수목으로 인식되는 오류를 가져오게 된다. 따라서, 본 발명에서는 Terra Scan을 이용하여 하천 제방 부근에 대해서는 별도의 영역으로 설정하여 지면점을 수정하였다.
- [0070] 본 발명에서는 하천 지형자료의 정확도 평가를 위해 경계(Boundary)를 설정하였다. 경계는 좌안 유제부의 경우는 하천제방을 기준으로 하였으며, 우안 무제부의 경우는 홍수의 범위가 미칠 수 있는 범위를 고려하여 결정하였다.
- [0071] 도 10a는 경사도 기법에 기초한 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델) 생성 프로세스를 나타낸 순서도이다.
- [0072] 본 발명의 드론과 공간정보를 이용한 하천지형정보 생성 방법은, (a) 하천 지형의 대상지에 n개의 GCP(Ground Control Point, 지상기준점)에 대해 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 수행하는 단계; (b) 드론(UAV)의 k개의 카메라 영상을 취득하며, 각각의 사진 파일에 GPS와 INS 정보가 연결되며, 영상정합 소프트웨어(Pix4D SW)에 의해 낱장들을 정합하여 영상매칭을 통해 사진과 GPS와 INS 정보로부터 3차원 포인트 클라우드 정확도를 향상시켜 드론 기반 정사영상과 DSM(Digital Surface Model, 수치 표면 모델)을 생성하는 단계; (c) 상기 DSM(Digital Surface Model, 수치 표면 모델)은 하천내 식생과 수목을 포함하기 때문에 하천 지반을 기준으로 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델)을 생성하기 위해, 드론(UAV)의 카메라 촬영을 통해 취득한 3차원 DSM 자료로부터 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법과 영역확장법을 사용하여 하천측량에 활용 가능한 표고값이 반영된 DEM을 생성하는 단계; 및 (d) 드론(UAV) 카메라 촬영시 취득된 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 적용하며, m 개의 검증점을 선정한 후, VRS 측량과 토탈스테이션 측량을 통해 산정한 측량값을 활용하여 DSM과 DEM 자료의 표고정확도를 평가함으로써 드론 포인트 클라우드 기반 경사도 기법에 의한 DSM 자료의 수평 및 수직정확도를 평가하는 단계를 포함한다.
- [0073] 상기 드론은 비행기 형상의 NiR 카메라를 탑재한 고정익 드론을 사용하며, 드론(UAV)의 비행고도 195m에서 해상도 6cm급으로 촬영하도록 설계하였으며, 중·형중복도는 각각 85%와 70%로 설계된 것을 특징으로 한다.
- [0074] 상기 단계 (a)는, 드론의 카메라 촬영을 통해 얻어진 영상은 기본적으로 WGS84 UTM 좌표계를 가지게 되며, 국내 측지좌표계인 GRS80 TM으로의 변환을 위해 하천 지형의 대상지에 10개의 GCP를 선정하였으며, 10개의 GCP에 대하여 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 수행한다.
- [0075] 상기 드론의 카메라 촬영을 통해 취득한 포인트 클라우드 자료를 기반으로 경사도 기법을 활용하여 하천측량에 활용 가능한 표고값이 반영된 DEM을 생성하며, 포인트 클라우드 자료를 이용하여 하천내 수목을 분류하기 위해

서는 비지면점과 지면점으로 구분되는 과정이 선행되고, 지면점 추출을 위하여 대상지역 지면의 경사도를 먼저 조사하고, 이 경사도를 기준으로 포인트 클라우드 자료내의 점간 거리와 표고차를 이용하여 경사도를 계산한 후 지면의 경사도와 비교하고 지면점을 분류하는 작업을 수행하며, 일정한 크기의 셀을 분할한 후 주어진 경사도 이내의 점들을 지면점으로 분류하며, 가상의 셀이 생성한 후 셀 내에 존재하는 다수의 포인트 클라우드 중 표고가 가장 낮은 포인트 시작 픽셀(seed pixel)로 할당하고 이웃셀과의 경사를 계산하여 사용자가 지정한 임계 경사값 이내에서 셀을 확장해 나가는 영역확장법을 적용한다.

[0076] 포인트 클라우드 자료를 이용한 상기 영역확장법은 영상분야에서 개발된 이론으로서, 일반적으로 영상에서 동일한 객체의 영역에 소속된 픽셀들은 서로 유사한 통계적인 특성을 가지고 있는 것에 기초하고 있으며, 영역확장법은 영상의 이러한 특성을 이용하여 초기 시작점, 즉 seed 픽셀로부터 시작하여 주위 픽셀값들과 비교함으로써 유사한 영역을 확장시키며, seed 픽셀과 이웃한 픽셀들의 intensity 값을 비교하여 유사도가 높은 경우 동일한 영역으로 보고 영역을 확대하며,

[0077] 영상에 영역의 동질성(homogeneity)을 검사하는 과정은 식 (1)에 의해 검사되며, $P(R_i^{(k)} \cup \{x\}) = TRUE$ (1)

[0078] 여기서, $P(\cdot)$ 는 논리적 술사(logical predicate)라고 하는데, True이면 괄호내의 영역이 동일한 영역이 되며, $\{x\}$ 는 초기 seed 픽셀을 의미하고, $R_i^{(k)}$ 는 초기 seed 픽셀과 이웃한 k개의 픽셀들을 의미하고, N은 이웃한 픽셀들의 전체 개수이며, 만약에 초기 seed 픽셀과 이웃한 영역이 서로 동질성을 갖는다면 식 (1)을 만족하게 되어 한 영역으로 확장되며,

[0079] Microstation V8과 Terra Scan/Terra Modeler를 기반으로 경사도 기법에 기초한 DEM(Digital Elevation Model, 수치 표고 모델) 생성 프로세스를 적용하였으며, 전처리 과정에서 적용되는 매개변수는 포인트 클라우드의 밀도나 대상지의 지형여건에 따라 달라질 수 있으며, 기존의 연구에서 일반적으로 사용된 매개변수값을 기준으로 일부 값을 조정하였으며, 육안판독을 통해 가장 적절한 DEM을 선정하하는 것을 특징으로 한다.

[0080] 도 10b는 포인트 클라우드(점군 데이터)를 설명한 도면이다.

[0081] 포인트 클라우드(점군 데이터)는 사진측량을 이용하여 3차원 좌표(X,Y,Z)를 갖는 포인트 클라우드를 추출할 수 있다. 입체 사진측량 계산 방법의 일종으로서 같은 지점에 대해 중복으로 촬영한 두 개의 사진으로부터 삼각측량과 유사한 방식으로 특징점의 높이값을 계산하게 된다.

[0082] 도 10c는 토탈스테이션을 설명한 도면이다.

[0083] 토탈스테이션은 각도와 거리를 동시에 관측할 수 있는 기능이 함께 갖추어져 있는 측량기로서, 2점의 좌표(X,Y,Z)를 알고 있을 경우 측량하고자 하는 새로운 점의 좌표를 계산할 수 있는 장비이다. 토탈스테이션에 탑재된 마이크로프로세서에서 자료를 짧은 시간에 계산하여 표시해 주고, 결과를 컴퓨터로 보내어 도면으로 변환할 수 있는 전자식 측정 기기이다.

[0084] 도 11은 (a) 하천 지형자료의 정확도 평가를 위해 설정한 경계내로 절취한 드론 DSM 자료이며, (b) 포인트 클라우드 자료 기반 경사도기법을 이용하여 생성한 DEM이다. 또한, 하천 지형자료의 정확도 검증을 위한 검증점(Validation)을 도 11 (a) 및 (b)와 같이 표시하였다.

[0085] 도 12는 식생과 수목을 포함하고 있는 하천의 일부 지역을 대상지로 선정하여 횡단구간에 대한 DSM과 DEM의 표고값을 나타낸 도면이다. 횡단구간내의 DSM 자료의 표고분포를 분석한 결과, 최대 10m 이상의 높이를 가진 수목이 위치하고 있어 DSM의 표고값이 지반을 나타내는 DEM에 비해 매우 높게 나타난 것을 확인할 수 있다. 반면에, 포인트 클라우드를 기반으로 경사도 기법을 이용하여 생성한 DEM 자료의 경우 약 63-64 EL.m의 표고분포를 보였으며, 따라서, 지반의 표고값과 유사하게 나타난 것으로 확인되었다.

[0086] 카메라가 구비된 드론 촬영을 통해 취득한 DSM 자료와 포인트 클라우드 자료 기반 경사도 기법을 통해 생성한 DEM 자료의 정확도 평가를 위해 도 11 (a), (b)와 같이 100개의 검증점을 선정하였다. 검증점은 식생이 거의 없는 지형을 비롯하여 지면으로부터 높이가 큰 식생이나 수목까지 다양하게 포함되도록 선정하였다.

[0087] 도 13은 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점)와 토탈스테이션을 활용한 검증점 측량 사진이다.

[0088] 각 검증점별 표고는 도 13에 도시된 바와 같이, VRS 측량과 토탈스테이션 측량을 수행하여 취득하였다. 식생이 거의 없는 지형은 VRS(Virtual Reference Station, 가상기준점) 측량을 통해 수평위치와 표고값을

취득하였으며, 지면으로부터 높이가 큰 수목의 경우는 VRS 측량을 수행하기 어렵기 때문에 토탈스테이션 측량을 활용하여 인접 지형에 프리즘을 위치한 후 원격 고저측량 방식으로 표고값을 취득하였다.

[0089] 도 14는 100개의 검증점별로 DSM, DEM, 최확값(TRUE) 표고 분포를 나타낸 그래프이다. 분석 결과, 포인트 클라우드 자료로부터 경사도기법을 이용하여 생성한 DEM은 최확값(TRUE)과 유사한 패턴을 보였다. 반면에, DSM의 경우, 식생이 거의 없는 검증점에서는 최확값(TRUE)과 유사하게 나타났으나 높은 수고(樹高)를 가지는 검증점에서는 최확값(TRUE)과 큰 차이를 나타냈다.

[0090] 도 15는 검증점별 DSM, DEM 오차를 나타낸 그래프이다.

[0091] 100개의 검증점별로 DSM과 DEM 자료에 대해 VRS 측량과 토탈스테이션 측량을 통해 얻은 최확값(TRUE)을 기준으로 표고오차를 도 15와 같이 계산하였다. 최확값(TRUE)을 기준으로 평가한 DSM의 표고오차 범위는 0.08~15.33m로 나타났으며 표준오차는 $\pm 3.84\text{m}$ 로 계산되었다. 반면에, DEM의 표고오차 범위는 0.27~0.41m로 나타났으며, 표준오차는 $\pm 0.12\text{m}$ 로 계산되어 DSM 자료에 비해 표고오차가 매우 낮은 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 실제 지반의 표고값을 반영해야 하는 하천측량의 경우, 드론(UAV)의 카메라 영상으로부터 취득한 DSM 자료로부터 포인트 클라우드 기반 경사도 기법을 적용하여 DEM을 생성하여 활용하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

[0092] 도 16은 DSM과 DEM 표준오차 분석을 비교한 도면이다.

[0093] 결론적으로, 본 발명에서는 드론의 측량을 통해 취득된 포인트 클라우드 자료로부터 경사도 기법을 적용하여 하천업무에 활용 가능한 지형자료를 구축하였으며, 대전광역시 서구 갑천 일부구간을 대상으로 선정하여 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

[0094] 첫째, 드론의 비행제호기 소프트웨어 인 eMotion SW를 활용하여 비행계획을 수립하였으며 드론(UAV)의 카메라 촬영으로부터 얻어진 391매의 사진을 Pix4D SW(영상정합 소프트웨어)로 처리하여 정사영상, 포인트 클라우드 그리고 DSM 자료를 구축하는 기법을 제시하였다. 특히, 드론 카메라 사진 391매의 영상접합의 신뢰도를 확보하기 위해 GCP 측량을 수행한 결과 X(E), Y(N), Z의 표준편차가 각각 0.016m, 0.019m, 0.041m로서 나타났으며, 따라서, 최종 결과물인 정사영상, 포인트 클라우드 그리고 DSM 자료의 수평 및 수직정확도를 각각 2cm와 5cm 이내로 확보할 수 있었다.

[0095] 둘째, 드론(UAV)을 통해 취득된 포인트 클라우드를 기반으로 경사도 기법을 적용하여 하천업무에 활용 가능한 DEM 자료를 구축할 수 있었으며, 특히 식생과 수목이 일부 포함된 지역을 대상으로 횡단면도를 확인한 결과 DSM에 포함된 수고(樹高)가 DEM에서 제거되었음을 확인할 수 있었다.

[0096] 셋째, VRS 측량과 토탈스테이션을 활용하여 100개의 검증점에 대한 최확값(TRUE)을 취득하였으며, 이를 통해 DSM과 DEM 자료의 표고정확도를 계산한 결과 DSM과 DEM의 표준오차는 각각 $\pm 3.84\text{m}$ 와 $\pm 0.12\text{m}$ 로 나타났다. 따라서, UAV 포인트 클라우드 기반 경사도 기법을 적용하여 분석한 DEM 자료가 하천정비기본계획, 홍수모델링, 유량평가 등의 하천업무 수행을 위한 지형자료로 효과적임을 알 수 있었다.

[0097] 전술한 바와 같이 본 발명의 방법은 프로그램으로 구현되어 컴퓨터의 소프트웨어를 이용하여 읽을 수 있는 형태로 기록매체(CD-ROM, RAM, ROM, 메모리 카드, 하드 디스크, 광자기 디스크, 스토리지 디바이스 등)에 저장될 수 있다.

[0098] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진자가 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변형하여 실시할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0099] 1-10: GCP(Ground Control Point, 지상기준점)

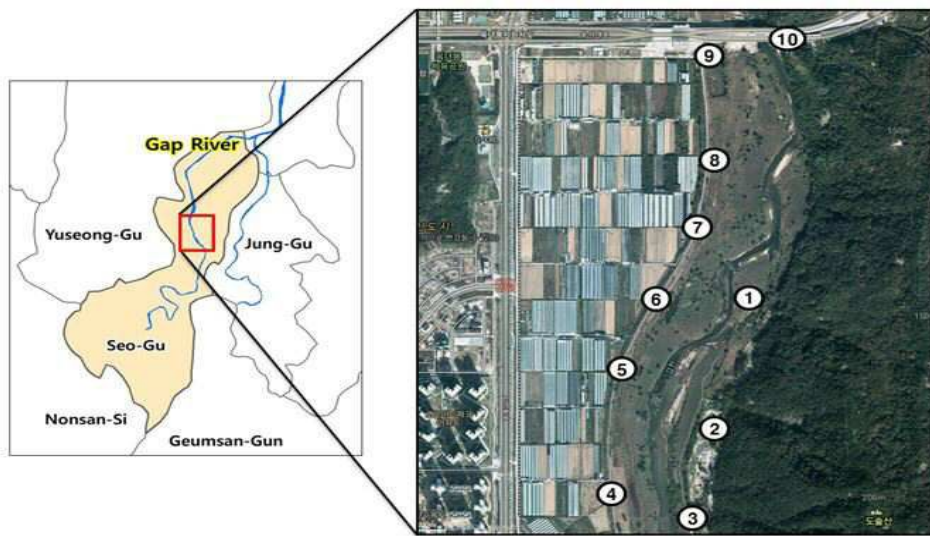
VRS: Virtual Reference Station, 가상기준점

DSM: Digital Surface Model, 수치 표면 모델

DEM: Digital Elevation Model, 수치 표고 모델

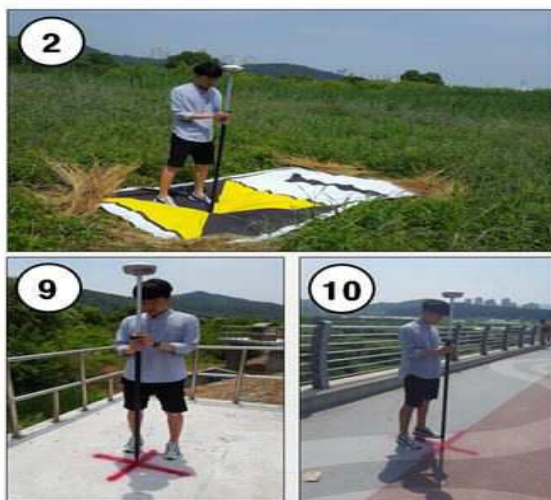
도면

도면1



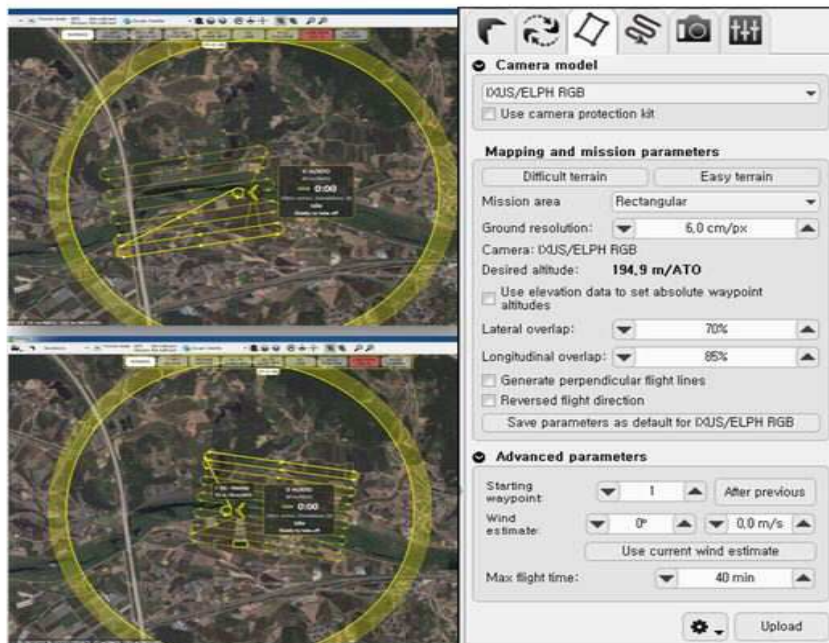
연구대 상지

도면2



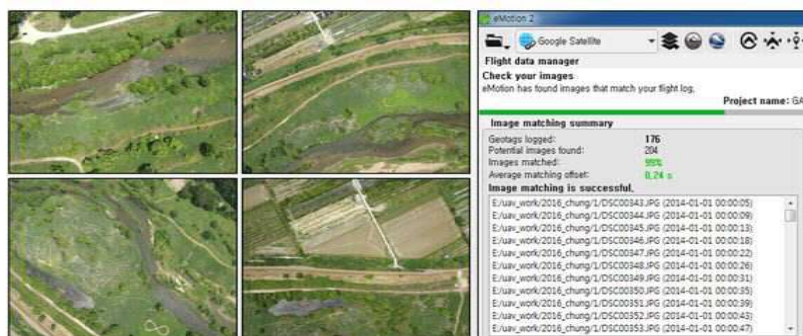
GCP 측량

도면3



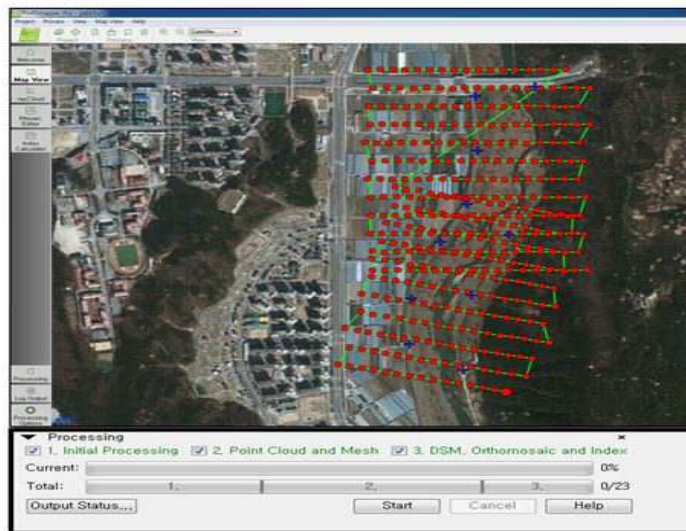
비행계획 설계 기능

도면4



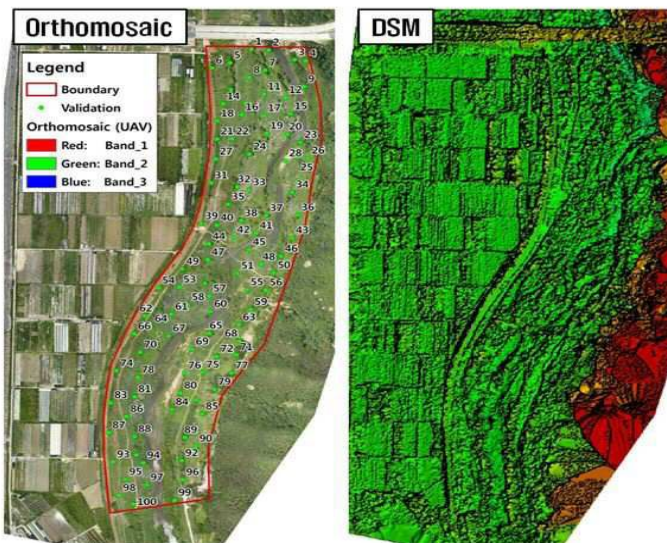
사진파일, GPS, INS 연결 기능

도면5



Pix4D 기반 영상점합 프로세싱

도면6



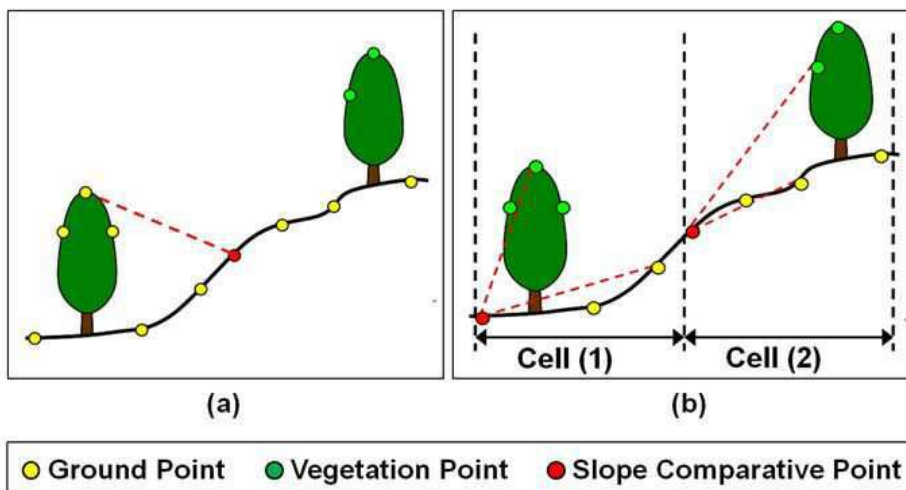
정사영상 및 DSM 생성

도면7



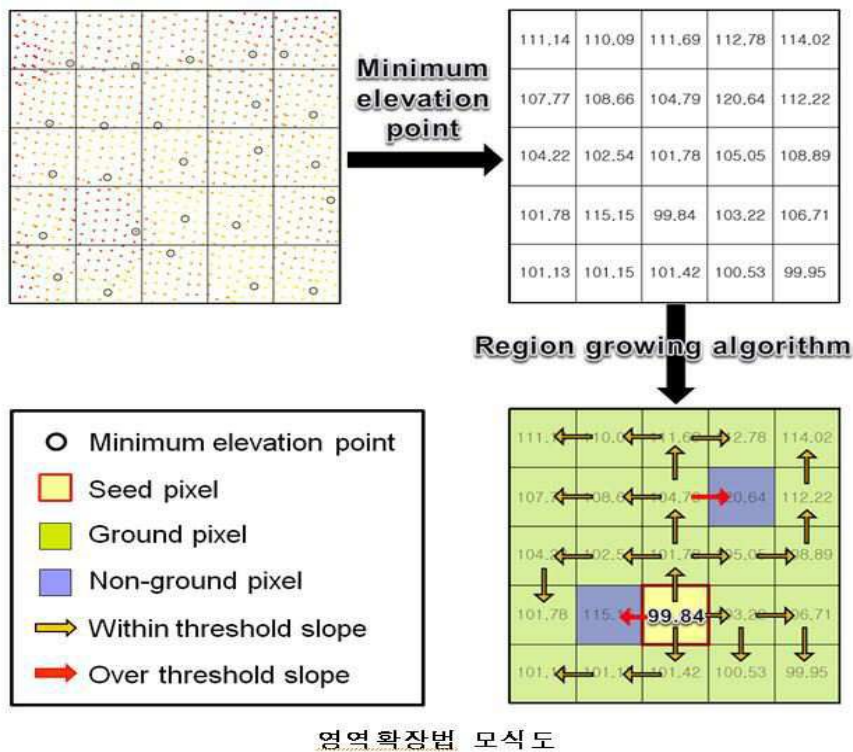
Virtual Survey를 이용한 3차원 하천지형

도면8



셀 분할을 통한 지면점 분류

도면9



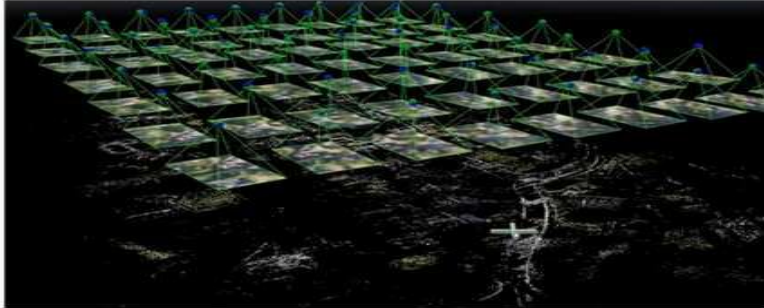
도면10a



도면10b

1. 포인트 클라우드(점군 데이터)

사진측량을 이용하여 3차원 좌표(X, Y, Z)를 갖는 포인트 클라우드를 추출할 수 있다. 일체 사진측량 계산 방법의 일종으로서 같은 지점에 대해 중복으로 촬영한 두 개의 사진으로부터 삼각측량과 유사한 방식으로 특징점의 높이를 계산하게 된다.



<사진측량 기술을 이용한 포인트 클라우드 추출 화면>

도면10c

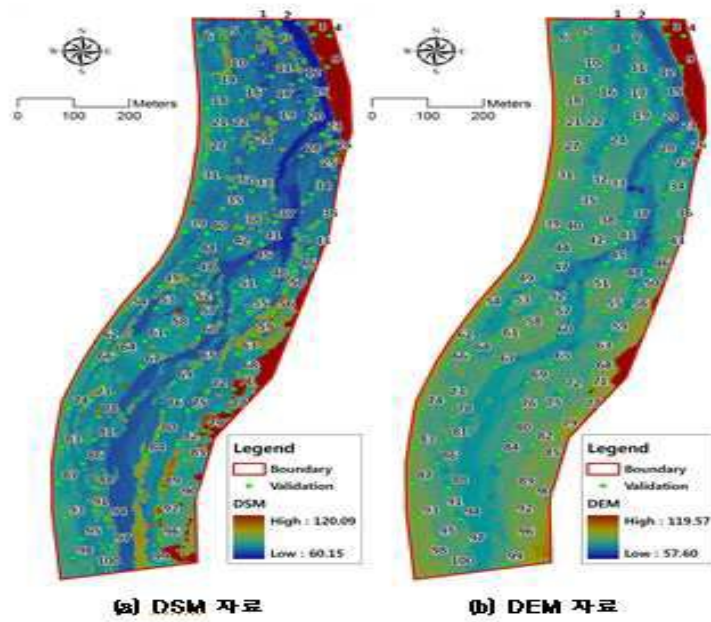
2. 토탈스테이션

각도와 거리를 동시에 관측할 수 있는 기능이 함께 갖추어져 있는 측량기로서, 2점의 좌표(X, Y, Z)를 알고 있을 경우 측량하고자 하는 새로운 점의 좌표를 계산할 수 있는 장비이다. 토탈스테이션에 탑재된 마이크로프로세서에서 자료를 짧은 시간에 계산하여 표시해 주고, 결과를 컴퓨터로 보내어 도면으로 변환할 수 있는 전자식 측정 기기이다.

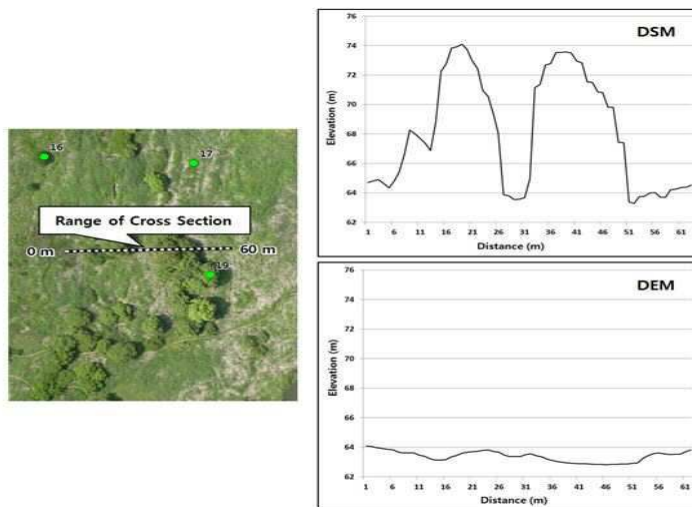


<토탈스테이션 측량 모습>

도면11



도면12



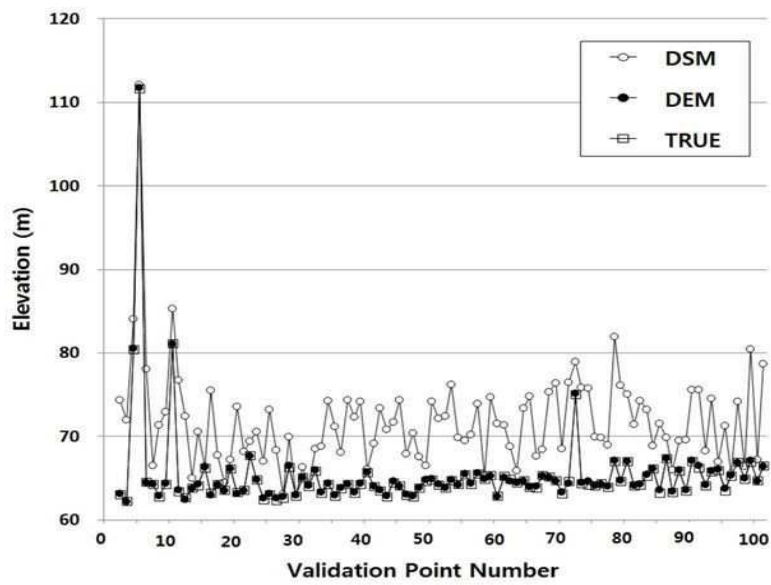
DSM과 DEM의 횡단면도 비교

도면13



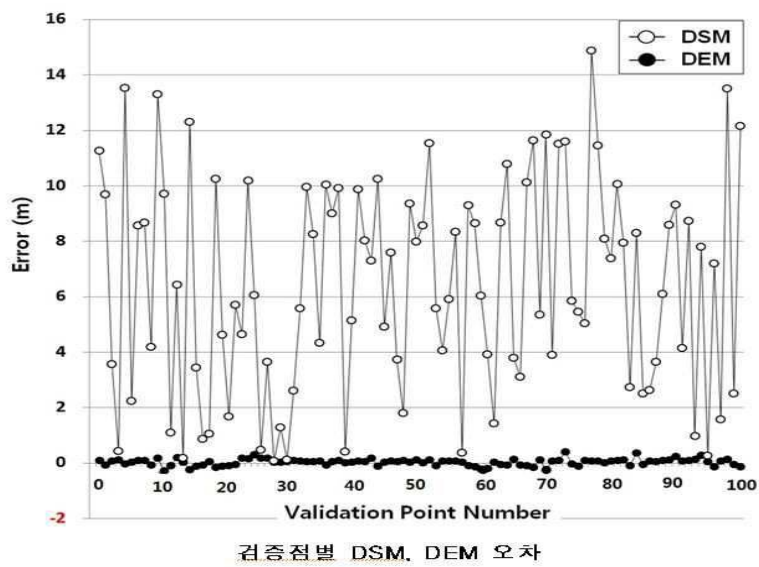
VRS와 토탈스테이션을 활용한 검정점 측량

도면14



검정점별 DSM, DEM, TRUE 표고 분포

도면15



도면16

ID	DEM(m)	TRUE(m)	Error(m)	ID	DSM(m)	TRUE(m)	Error(m)
1	63.17	63.08	0.09	1	74.34	63.08	11.26
2	62.17	62.24	-0.07	2	71.94	62.24	9.70
3	80.54	80.47	0.07	3	84.03	80.47	3.56
4	111.76	111.64	0.12	4	112.08	111.64	0.44
5	64.48	64.51	-0.03	5	78.04	64.51	13.53
95	65.33	65.28	0.05	95	65.55	65.28	0.27
96	66.80	66.94	-0.14	96	74.13	66.94	7.19
97	64.96	64.88	0.08	97	66.44	64.88	1.56
98	67.07	66.92	0.15	98	80.43	66.92	13.51
99	64.67	64.73	-0.06	99	67.24	64.73	2.51
100	66.36	66.48	-0.12	100	78.64	66.48	12.16
STDEV			0.12	STDEV			3.84

DSM과 DEM 표준오차 분석