(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0088575
(43) 공개일자 2023년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G08B 21/10 (2014.01) *B64C 39/02* (2023.01)
B64D 47/08 (2006.01) *G01C 11/02* (2006.01)
G01C 13/00 (2006.01) *G06F 17/10* (2006.01)
G06T 17/05 (2011.01) *G06V 20/17* (2022.01)
G08B 25/00 (2006.01) *G08B 31/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G08B 21/10 (2013.01)
B64C 39/024 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2021-0176637
(22) 출원일자 2021년12월10일
심사청구일자 2021년12월10일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
이태삼
경남 진주시 진주대로 501
하태규
경남 진주시 진주대로 501
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김종석

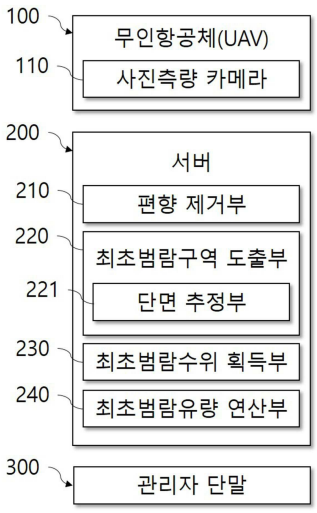
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 사진측량 카메라를 구비하고, 하천을 대상으로 3차원 점들의 집합인 포인트 클라우드를 스캐닝하고 측량 이미지를 촬영하는 무인항공체(Unmanned Aerial Vehicle; UAV) 및 상기 포인트 클라우드와 측량 이미지를 포함하는 항공측량자료를 이용하여 디지털 표면 모델(DSM)을 생성하고, 상기 디지털 표면 모델(DSM)에서 수위에 따른 하천범람에 대한 조기경보 기준을 설정하는 서버를 포함하는 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B64D 47/08 (2023.01)
G01C 11/02 (2013.01)
G01C 13/00 (2019.08)
G06F 17/10 (2013.01)
G06T 17/05 (2013.01)
G08B 25/002 (2013.01)
G08B 31/00 (2013.01)
B64U 2101/30 (2023.01)
(72) 발명자
정종우
경남 진주시 진주대로 501
김태균
경남 진주시 진주대로 501

명 세 서

청구범위

청구항 1

사진측량 카메라를 구비하고, 하천을 대상으로 3차원 점들의 집합인 포인트 클라우드를 스캐닝하고 측량 이미지를 촬영하는 무인항공체(Unmanned Aerial Vehicle; UAV); 및

상기 포인트 클라우드와 측량 이미지를 포함하는 항공측량자료를 이용하여 디지털 표면 모델(DSM)을 생성하고, 상기 디지털 표면 모델(DSM)에서 수위에 따른 하천범람에 대한 조기경보 기준을 설정하는 서버;를 포함하는 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 서버는,

기 저장된 지반 중앙점(Ground Central Point; GCP)을 이용하여 상기 항공측량자료 내 편향을 제거하는 편향 제거부;

편향이 제거된 상기 항공측량자료로부터 생성된 상기 디지털 표면 모델(DSM)을 이용하여 최초로 범람이 발생하는 최초범람구역을 도출하는 최초범람구역 도출부; 및

상기 최초범람구역의 최초범람수위를 획득하는 최초범람수위 획득부;를 포함하고,

하천에서 임의의 구역에 상기 최초범람수위와 동일한 수위가 발생하면 조기경보를 관리자 단말에 제공할 수 있도록 상기 최초범람수위를 상기 조기경보의 기준으로 설정하는 것을 특징으로 하는 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 최초범람구역 도출부는,

K-최근접 이웃 알고리즘(K-Nearest Neighbor Algorithm) 기반 지역선형회귀(Local Linear Regression) 모형(KLR)에 상기 포인트 클라우드를 이용하여 상기 최초범람구역의 단면을 추정하는 단면 추정부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 서버는,

상기 최초범람수위에 대한 최초범람유량을 연산하는 최초범람유량 연산부;를 더 포함하고,

상기 최초범람유량 연산부는,

HEC-RAS 프로그램을 기반으로 등류수심 산정식을 이용하여 상기 최초범람수위에 대한 최초범람유량을 연산하는 것을 특징으로 하는 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템.

청구항 5

무인항공체(Unmanned Aerial Vehicle; UAV)에 구비된 사진측량 카메라에 의하여, 하천을 대상으로 스캐닝된 3차원 점들의 집합인 포인트 클라우드와 하천을 대상으로 촬영된 측량 이미지를 포함하는 항공측량자료가 획득되는 항공측량자료 획득단계;

서버에 의하여, 기 저장된 지반 중앙점(Ground Central Point; GCP)이 이용되어 상기 항공측량자료 내 편향이

제거된 후 디지털 표면 모델(Digital Surface Model; DSM)이 생성되는 DSM 생성단계;

상기 서버에 의하여, 상기 디지털 표면 모델(DSM)이 이용되어 최초로 범람이 발생하는 최초범람구역이 도출되는 최초범람구역 도출단계;

상기 서버에 의하여, 상기 최초범람구역의 최초범람수위가 획득되는 최초범람수위 획득단계; 및

상기 서버에 의하여, 하천에서 임의의 구역에 상기 최초범람수위와 동일한 수위가 발생하면 조기경보를 관리자 단말에 제공할 수 있도록 상기 최초범람수위가 상기 조기경보의 기준으로 설정되는 조기경보 기준 설정단계;를 포함하는 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 무인항공체로부터 획득한 항공측량자료를 이용하여 디지털 표면 모델(DSM)을 생성하고, 수위에 따른 하천범람에 대한 조기경보 기준을 설정하는 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 과거부터 지금까지 사람들은 물의 접근성, 비옥한 토양 및 평평한 지형으로 인해 강 가까이에 정착하였으나, 폭우 등의 원인으로 강물이 불어 사람들의 생활환경까지 범람하여 심각한 피해를 입히는 일이 비일비재하게 발생하였다. 이러한 재앙적인 홍수 영향을 완화하기 위해 사람들은 댐과 같은 구조적 조치를 취하거나 조기경보시스템과 같은 비구조적 조치를 취하였다.

[0003] 이와 관련하여, 관련문헌 1은 홍수피해 위험지수 산출 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 공간 영역별로 홍수에 의한 피해 위험 정도를 상대적으로 평가할 수 있으나, 범람 전 격자 이미지와 범람 후 격자 이미지를 비교하여 홍수피해의 위험도를 산출함으로 격자의 크기에 따라서 정확도가 상당히 떨어지는 기술적 한계가 존재한다.

[0004] 또한, 관련문헌 2는 연장 가능한 플렉서블 범람 장벽에 관한 것으로. 범람수 또는 다른 유체의 위협으로부터 개구의 일부 또는 전부를 밀봉하거나 보호를 위해 건물 또는 구조물을 완전히 둘러싸여 사용될 수 있으나 보호하고자 하는 건물 또는 구조물에 인공적으로 시공을 해야 하는 번거로움이 존재하고, 길게 늘어진 하천을 대상으로 할 때에는 시공범위가 상당하여 실질적으로 적용되는 데에는 기술적 한계가 존재한다.

[0005] 따라서 하천 주변의 사람의 생활환경에 범람하여 심각한 피해기 전에 미리 경보할 수 있고, 종래 보다 정확한 하천의 조기경보시스템이 절실히 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) KR 10-2278683

(특허문헌 0002) KR 10-2017-0132775

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로 하천을 따라 형성된 부지중에서 하천범람에 가장 취약한 부지를 한 번에 확인하고 종래 보다 정확한 하천범람에 대한 조기경보를 설정할 수 있도록 무인비공체(UAV)로부터 획득한 항공측량자료를 이용하여 디지털 표면 모델(DSM)을 생성하고, 수위에 따른 하천범람에 대한 조기경보 기준을 설정하는 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템 및 방법을 얻고자 하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템은 사진측량 카메라를 구비하고, 하천을 대상으로 3차원 점들의 집합인 포인트 클라우드를 스캐닝하고 측량 이미지를 촬영하는 무인항공체(UAV); 및 상기 포인트 클라우드와 측량 이미지를 포함하는 항공측량자료를 이용하여 디지털 표면 모델(DSM)을 생성하고, 상기 디지털 표면 모델(DSM)에서 수위에 따른 하천범람에 대한 조기경보 기준을 설정하는 서버;를 제공한다.

[0009] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 방법은 무인항공체(Unmanned Aerial Vehicle; UAV)에 구비된 사진측량 카메라에 의하여, 하천을 대상으로 스캐닝된 3차원 점들의 집합인 포인트 클라우드와 하천을 대상으로 촬영된 측량 이미지를 포함하는 항공측량자료가 획득되는 항공측량자료 획득단계; 서버에 의하여, 기 저장된 지반 중앙점(Ground Central Point; GCP)이 이용되어 상기 항공측량자료 내 편향이 제거된 후 디지털 표면 모델(Digital Surface Model; DSM)이 생성되는 DSM 생성단계; 상기 서버에 의하여, 상기 디지털 표면 모델(DSM)이 이용되어 최초로 범람이 발생하는 최초범람구역이 도출되는 최초범람구역 도출단계; 상기 서버에 의하여, 상기 최초범람구역의 최초범람수위가 획득되는 최초범람수위 획득단계; 및 상기 서버에 의하여, 하천에서 임의의 구역에 상기 최초범람수위와 동일한 수위가 발생하면 조기경보를 관리자 단말에 제공할 수 있도록 상기 최초범람수위가 상기 조기경보의 기준으로 설정되는 조기경보 기준 설정단계;를 제공한다.

발명의 효과

[0010] 이상과 같이 본 발명에 의하면 무인항공체(UAV)로부터 획득한 항공측량자료를 이용하여 디지털 표면 모델(DSM)을 생성하고, 수위에 따른 하천범람에 대한 조기경보 기준을 설정하도록 구비함으로써, 하천을 따라 형성된 부지중에서 하천범람에 가장 취약한 부지를 한 번에 확인하고 종래 보다 정확한 하천범람에 대한 조기경보를 설정하여 하천범람에 따른 정착민들의 재산적 인명적 피해를 최소화할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따라 무인항공체(UAV)로부터 촬영된 측량 이미지를 표시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따라 무인항공체(UAV)로부터 촬영된 측량 이미지(a), 무인항공체(UAV)로부터 스캔된 포인트 클라우드(b) 및 서버로부터 생성된 디지털 표면 모델(DSM)(c)을 표시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 디지털 표면 모델(DSM) 내 최초범람이 발생되기 전(a)과 최초범람이 발생된 후(b)를 표시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따라 단면 추정부로부터 추정된 최초범람구역의 단면을 표시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 방법 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0013] 다르게 정의되지 않는 한 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0015] **무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템**

[0016] 이하, 본 발명에 따른 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 도 1은 본 발명의 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템 구성도이다. 도 2는 본 발명의 일실시예에 따라 무인항공체(UAV)(100)로부터 촬영된 측량 이미지를 표시한 도면이다. 도 3은 본 발명의 일실시예에 따라 무인항공체(UAV)(100)로부터 촬영된 측량 이미지(a), 무인항공체(UAV)(100)로부터 스캔된 포인트 클라우드(b) 및 서버(200)로부터 생성된 디지털 표면 모델(DSM)(c)을 표시한 도면이다. 도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 디지털 표면 모델(DSM) 내 최초범람이 발생되기 전(a)과 최초범람이 발생된 후(b)를 표시한 도면이다. 도 5는 본 발명의 일실시예에 따라 단면 추정부(221)로부터 추정된 최초범람구역의 단면을 표시한 도면이다.

[0017] 도 1을 보면, 본 발명의 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 시스템은 무인항공체(UAV)(100), 서버(200)를 포함한다. 보다 구체적으로, 상기 무인항공체(UAV)(100)는 사진측량 카메라(Photogrammaetry Camera)(110)를 구비하고, 하천을 대상으로 3차원 점들의 집합인 포인트 클라우드를 스캐닝하고 측량 이미지를 촬영한다.

[0018] 상기 무인항공체(UAV)(100)는 조종사 없이 무선전파의 유도에 의해서 비행 및 조종이 가능한 비행기나 헬리콥터 모양의 기체로, 가장 바람직하게 드론(Drone)이다. 그리고 상기 무인항공체(UAV)(100)는 상기 서버(200)와 무선통신 가능하도록 연결되어, 상기 포인트 클라우드와 측량 이미지를 실시간으로 전송할 수 있다.

[0019] 일반적으로, 측량을 위해서 빛을 발사하면 측량하고자 하는 물체에 빛이 닿고 반사되어 돌아오는 시간으로부터 거리를 측정하는 라이다(Lidar)를 사용되나, 무게가 상당하고 고가의 장비임으로 상기 무인항공체(UAV)(100)에 탑재하기에 기술적 한계가 존재한다. 또한, 성능에 있어서 울창한 나무숲과 같이 밀집되어 있는 물체를 식별하는데 어려운 문제점이 있다. 그러나 본원발명은 가볍고 저렴한 상기 사진측량 카메라(110)를 상기 무인항공체(UAV)(100)에 탑재함으로써, 별도의 고가 장비가 요구되지 않고 비행 시 선회능력 향상되는 현저한 효과가 있다. 그리고 하천의 주변에 밀집되어 있는 울창한 풀, 바위 등을 분명히 식별하여 하천의 단면을 국부적으로 측량하는데 종래 라이다(Lidar) 보다 적합하다.

[0020] 예컨대, 도 2와 도 3의 (a)를 보면 상기 무인항공체(UAV)(100)가 대한민국의 합천군에 위치한 미곡천의 일부를 촬영한 측량 이미지를 확인할 수 있다. 그리고 도 3의 (b)는 미곡천의 일부가 상기 무인항공체(UAV)(100)로부터 스캐닝된 포인트 클라우드를 확인할 수 있다. 포인트 클라우드는 교량과 같은 구조물 하부 부분은 항공에서 스캐닝 되기 어려운 부분으로 검은색으로 표시될 수 있고, 물, 하늘과 같은 부분 역시 스캐닝 되기 어려운 부분으로 빛 반사로 인해서 흰색으로 표시될 수 있다.

[0021] 다음으로, 상기 서버(200)는 상기 포인트 클라우드와 측량 이미지를 포함하는 항공측량자료를 이용하여 디지털 표면 모델(DSM)을 생성하고, 상기 디지털 표면 모델(DSM)에서 수위에 따른 하천범람에 대한 조기경보 기준을 설정한다.

[0022] 여기서, 상기 디지털 표면 모델(DSM)은 수치 표고 모형(Digital Elevation Model; DEM) 중 하나로 실세계 모든 정보 즉, 지형, 수목, 건물, 인공 구조물 등을 표현한 모형이다. 가장 바람직하게, 상기 서버(200)는 상기 디지털 표면 모델(DSM)을 구현할 수 있는 WebODM 소프트웨어를 구비함으로써, 상기 포인트 클라우드와 측량 이미지를 포함하는 항공측량자료를 이용하여 디지털 표면 모델(Digital Surface Model; DSM)을 생성할 수 있고, 이는 도 3의 (c)와 같다.

[0023] 즉, 본원발명은 상기 서버(200)로부터 생성한 디지털 표면 모델(DSM)을 이용하여 새로운 방식으로 하천범람의 기준을 설정하고자 상기 서버(200)는 편향 제거부(210), 최초범람구역 도출부(220), 최초범람수위 획득부(230) 및 최초범람유량 연산부(240)를 포함할 수 있다.

[0024] 우선, 상기 편향 제거부(210)는 기 저장된 지반 중앙점(Ground Central Point; GCP)을 이용하여 상기 항공측량자료 내 편향을 제거한다. 상기 항공측량자료는 상기 무인항공체(UAV)(100)가 비행하면서 스캐닝하거나 촬영하여 획득된 것으로 실제 측량과의 오차가 존재할 수 있다. 이러한 오차를 제거할 수 있도록 상기 편향 제거부(210)는 실제 측량된 점인 기 저장된 지반 중앙점(Ground Central Point; GCP)을 기준으로 상기 항공측량자료의 오차를 다시금 보정할 수 있다. 상기 지반 중앙점(GCP)은 항공측량자료를 획득하고자 하는 위치에 실제로 다수개의 지점이 판넬 등으로 표시된 점으로, 무인항공체(UAV)(100)로부터 촬영된 상기 항공측량자료 내에서 확인이 가능하다. 이에 따라, 상기 서버(200)는 편향이 제거된 상기 항공측량자료를 이용하여 디지털 표면 모델(Digital Surface Model; DSM)을 생성할 수 있다.

[0025] 다음으로, 상기 최초범람구역 도출부(220)는 편향이 제거된 상기 항공측량자료로부터 생성된 상기 디지털 표면 모델(DSM)을 이용하여 최초로 범람이 발생하는 최초범람구역을 도출할 수 있다. 도 4의 (a)를 보면, 하천범람이 발생되기 전 하천을 대상으로 편향이 제거된 상기 디지털 표면 모델(DSM)이 표시된 것을 확인할 수 있다. 상기 최초범람구역 도출부(220)는 하천범람이 발생되기 전 하천을 기준으로 기 설정된 수위만큼 반복적으로 증가시킬 수 있다. 이때, 상기 최초 범람구역 도출부(220)는 HEC-RAS 프로그램을 기반으로 상기 디지털 표면 모델(DSM)에서 수위를 기 설정된 수위만큼 반복적으로 상승시킬 수 있다. 그러면 상기 도 4의 (b)와 같이 하천의 임의의 위치에서 하천범람이 발생할 수 있고, 이를 최초범람구역으로 도출할 수 있다.

[0026] 한편, 하천범람이 발생되기 전 하천을 기준으로 기 설정된 수위만큼 반복적으로 증가시키기 위해서 상기 최초범람구역 도출부(220)는 K-최근접 이웃 알고리즘(K-Nearest Neighbor Algorithm) 기반 지역선형회귀(Local Linear Regression) 모형(KLR)에 상기 포인트 클라우드를 이용하여 상기 최초범람구역의 단면을 추정하는 단면 추정부(221)를 더 포함할 수 있다.

[0027] 우선, 상기 KLR 모형은 지역적인 자료군집을 대상 자료와의 차이를 거리로 놓고 k개의 자료를 선택한 후 선택된 k개의 자료만을 가중선형회귀(Weighted Linear Regression) 모형에 적용하는 것이다.

[0028] 보다 구체적으로, 상기 단면 추정부(221)는 상기 포인트 클라우드 내에서 선정된 n개의 3차원 점에 대한 관측점(x_j)과 예측점(x_t) 간의 사이거리(D_j)가 산출될 수 있다. 상기 관측점(x_j)과 예측점(x_t) 간의 사이거리(D_j)는 유클라디안 거리측정법을 사용하는 것이 가장 바람직하다.

[0029] 그리고 상기 단면 추정부(221)는 상기 예측점(x_t)을 기준으로 상기 사이거리(D_j) 중에서 가장 최소값을 갖는 k개의 사이거리(D_j)에 대한 고도(Elevation) 인덱스를 각각 저장할 수 있다. 여기서, 상기 k개는 K-최근접 이웃 알고리즘(K-Nearest Neighbor Algorithm)에서의 이웃수(K)의 개수이다.

[0030] 그리고 상기 단면 추정부(221)는 상기 k개의 사이거리(D_j)에 대한 고도(Elevation) 인덱스를 데이터세트([x(p), y(p)])로 지역선형회귀(Local Linear Regression) 모형(KLR)을 피팅할 수 있다. 상기 데이터세트에서 x(p)가 사이거리(D_j)이고, y(p)가 고도(Elevation) 인덱스이다. 여기서, j는 1부터 n이고, p는 1부터 k이고, n은 양의 정수이고, k는 양의 유리수이다.

[0031] 즉, 상기 단면 추정부(221)는 피팅된 지역선형회귀(Local Linear Regression) 모형(KLR)을 이용하여 하천의 단면을 추정할 수 있으므로, 종래 사람이 직접적으로 수위를 측정하거나 몇 개의 지점을 측량하여 연결하는 근사적인 방법 보다 실제 하천단면과 실질적으로 동일한 하천의 단면이 추정될 수 있는 현저한 효과가 있다.

[0032] 다시 말하면, 상기 최초범람구역 도출부(220)는 상기 단면 추정부(221)로부터 추정된 하천의 단면으로부터 하천의 바닥에서 물의 표면까지의 수위를 추정할 수 있다. 그리고 하천범람이 발생하기 전 수위를 기준으로 기 설정된 수위만큼 반복적으로 상기 수위를 높일 수 있고, 도 4의 (b)와 같이 임의의 구역에서 하천범람이 발생하면 해당 구역을 상기 최초범람구역으로 도출할 수 있다.

[0033] 다음으로, 상기 최초범람수위 획득부(230)는 상기 최초범람구역의 최초범람수위를 획득할 수 있다. 즉, 상기 최초범람구역 도출부(220)에서 상기 최초범람구역이 발생될 때의 수위를 상기 최초범람수위로 획득할 수 있다. 예컨대 도 5를 보면, 상기 단면 추정부(221)로부터 추정된 하천의 단면으로부터 상기 최초범람구역의 양측 제방의 높이를 확인할 수 있고, 최초범람이 발생될 수 있는 수위가 상기 도 5에서는 빨간색 실선으로 표시되어 있다. 한편, 파란색 점선은 하천범람이 발생하기 전 수위가 표시되어 있다. 즉, 상기 단면 추정부

[0034] (221)로부터 추정된 하천의 단면을 기반으로 상기 최초범람구역의 최초범람수위를 확인할 수 있다.

[0035] 이때, 상기 서버(200)는 하천의 임의의 구역에 상기 최초범람수위와 동일한 수위가 발생하면 조기경보를 관리자 단말(300)에 제공할 수 있도록 상기 최초범람수위를 상기 조기경보의 기준으로 설정할 수 있다.

[0036] 다음으로, 상기 최초범람유량 연산부(240)는 상기 최초범람수위에 대한 최초범람유량을 연산할 수 있다. 상기 최초범람유량 연산부(240)는 가장 바람직하게, HEC-RAS 프로그램을 기반으로 연속 방정식 및 운동량 방정식을 활용한 등류수심 산정식을 이용하여 상기 최초범람수위에 대한 최초범람유량을 연산할 수 있다. 이때, 상기 등류수심 산정식은 상기 단면 추정부(221)로부터 추정된 하천의 단면을 이용할 수 있다.

[0037] 따라서 종래에는 하천을 따라 형성된 부지중에서 가장 취약한 부지에 대한 정보를 획득하기에는 환경적, 기술적 한계가 존재하나, 본원발명에 의하면, 상기 무인항공체(UAV)(100)로부터 획득한 항공측량자료를 이용하여 하천

의 넓은 범위를 한 번에 확인할 수 있고, 수위에 따른 하천범람에 대한 조기경보 기준을 보다 정확하게 설정할 수 있는 현저한 효과가 있다.

[0038]

[0039] **무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 방법**

[0040] 이하, 본 발명에 따른 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 도 6은 본 발명의 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 방법 흐름도이다.

[0041] 도 6을 보면, 본 발명의 무인항공체(UAV)를 이용한 하천범람 조기경보 설정 방법은 항공측량자료 획득단계(S100), DSM 생성단계(S200), 최초범람구역 도출단계(S300), 최초범람수위 획득단계(S400), 및 조기경보 기준 설정단계(S500)를 포함한다.

[0042] 상기 항공측량자료 획득단계(S100)는 무인항공체(Unmanned Aerial Vehicle; UAV)(100)에 구비된 사진측량 카메라(110)에 의하여, 하천을 대상으로 스캐닝된 3차원 점들의 집합인 포인트 클라우드와 하천을 대상으로 촬영된 측량 이미지를 포함하는 항공측량자료가 획득된다.

[0043] 예컨대, 도 2와 도 3의 (a)를 보면 상기 항공측량자료 획득단계(S100)로부터 대한민국의 합천군에 위치한 미곡천의 일부가 촬영된 측량 이미지가 확인될 수 있다. 그리고 도 3의 (b)를 보면, 상기 항공측량자료 획득단계(S100)로부터 미곡천의 일부가 스캐닝된 포인트 클라우드가 확인될 수 있다. 포인트 클라우드는 교량과 같은 구조물 하부 부분은 항공에서 스캐닝 되기 어려운 부분으로 검은색으로 표시될 수 있고, 물, 하늘과 같은 부분 역시 스캐닝 되기 어려운 부분으로 빛 반사로 인해서 흰색으로 표시될 수 있다.

[0044] 다음으로, 상기 DSM 생성단계(S200)는 서버(200)에 의하여, 기 저장된 지반 중앙점(Ground Central Point; GCP)이 이용되어 상기 항공측량자료 내 편향이 제거된 후 디지털 표면 모델(Digital Surface Model; DSM)이 생성된다.

[0045] 우선, 상기 디지털 표면 모델(DSM)은 수치 표고 모형(Digital Elevation Model; DEM) 중 하나로 실세계 모든 정보 즉, 지형, 수목, 건물, 인공 구조물 등을 표현한 모형이다.

[0046] 또한, 상기 항공측량자료는 상기 무인항공체(UAV)(100)가 비행하면서 스캐닝하거나 촬영하여 획득된 것으로 실제 측량과의 오차가 존재할 수 있다. 이러한 오차를 제거할 수 있도록 상기 DSM 생성단계(S200)는 상기 서버(200) 내 상기 편향 제거부(210)에 의하여, 실제 측량된 점인 기 저장된 지반 중앙점(Ground Central Point; GCP)이 기준이 되어 상기 항공측량자료의 오차가 다시금 보정될 수 있다. 상기 지반 중앙점(GCP)은 항공측량자료를 획득하고자 하는 위치에 실제로 다수 개의 지점이 판넬 등으로 표시된 점으로, 상기 항공측량자료 획득단계(S100)로부터 획득된 상기 항공측량자료 내에서 확인이 가능하다. 이에 따라, 상기 DSM 생성단계(S200)는 편향이 제거된 상기 항공측량자료가 이용되어 보다 정확한 디지털 표면 모델(Digital Surface Model; DSM)이 생성될 수 있고, 이는 도 3의 (c)와 같다.

[0047] 다음으로, 상기 최초범람구역 도출단계(S300)는 상기 서버(200)에 의하여, 상기 디지털 표면 모델(DSM)이 이용되어 최초로 범람이 발생하는 최초범람구역이 도출된다.

[0048] 도 4의 (a)를 보면, 하천범람이 발생되기 전 하천을 대상으로 편향이 제거된 상기 디지털 표면 모델(DSM)이 표시된 것을 확인할 수 있다. 상기 최초범람구역 도출단계(S300)는 상기 서버(200) 내 상기 최초범람구역 도출부(220)에 의하여, 하천범람이 발생되기 전 하천을 기준으로 기 설정된 수위만큼 반복적으로 증가될 수 있다. 이때, 상기 최초범람구역 도출단계(S300)는 HEC-RAS 프로그램이 기반이 되어 상기 디지털 표면 모델(DSM)에서 수위가 기 설정된 수위만큼 반복적으로 상승될 수 있다. 그러면 상기 도 4의 (b)와 같이 하천의 임의의 위치에서 하천범람이 발생될 수 있고, 이는 상기 최초범람구역으로 도출될 수 있다.

[0049] 한편, 하천범람이 발생되기 전 하천이 기준이 되어 기 설정된 수위만큼 반복적으로 증가시키기 위해서 상기 최초범람구역 도출단계(S300)는 상기 최초범람구역 도출부(220) 내 단면 추정부(221)에 의하여, K-최근접 이웃 알고리즘(K-Nearest Neighbor Algorithm) 기반 지역선형회귀(Local Linear Regression) 모형(KLR)에 상기 포인트 클라우드가 이용되어 상기 최초범람구역의 단면이 추정되는 단면 추정단계(S310)를 더 포함할 수 있다.

[0050] 우선, 상기 KLR 모형은 지역적인 자료군집을 대상 자료와의 차이를 거리로 놓고 k개의 자료가 선택된 후 선택된 k개의 자료만이 가중선형회귀(Weighted Linear Regression) 모형에 적용될 수 있다.

[0051] 보다 구체적으로, 상기 단면 추정단계(S310)는 상기 포인트 클라우드 내에서 선정된 n개의 3차원 점에 대한 관

측점(x_j)과 예측점(x_t) 간의 사이거리(D_j)가 산출될 수 있다. 상기 관측점(x_j)과 예측점(x_t) 간의 사이거리(D_j)는 유클라디안 거리측정법이 사용되는 것이 가장 바람직하다.

[0052] 그리고 상기 단면 추정단계(S310)는 상기 예측점(x_t)이 기준이 되어 상기 사이거리(D_j) 중에서 가장 최소값을 갖는 k개의 사이거리(D_j)에 대한 고도(Elevation) 인덱스가 각각 저장될 수 있다. 여기서, 상기 k개는 K-최근접 이웃 알고리즘(K-Nearest Neighbor Algorithm)에서의 이웃수(K)의 개수이다.

[0053] 그리고 상기 단면 추정단계(S310)는 상기 k개의 사이거리(D_j)에 대한 고도(Elevation) 인덱스를 데이터세트([x(p), y(p)])로 지역선형회귀(Local Linear Regression) 모형(KLR)이 피팅될 수 있다. 상기 데이터세트에서 x(p)가 사이거리(D_j)이고, y(p)가 고도(Elevation) 인덱스이다. 여기서, j는 1부터 n이고, p는 1부터 k이고, n은 양의 정수이고, k는 양의 유리수이다.

[0054] 즉, 상기 단면 추정단계(S310)는 피팅된 지역선형회귀(Local Linear Regression) 모형(KLR)이 이용되어 하천의 단면이 추정될 수 있으므로, 종래 사람이 직접적으로 수위를 측정하거나 몇 개의 지점을 측량하여 연결하는 근사적인 방법 보다 실제 하천단면과 실질적으로 동일한 하천의 단면이 추정될 수 있는 현저한 효과가 있다.

[0055] 다시 말하면, 상기 최초범람구역 도출단계(S300)는 상기 단면 추정단계(S310)로부터 추정된 하천의 단면으로부터 하천의 바닥에서 물의 표면까지의 수위가 추정될 수 있다. 그리고 하천범람이 발생하기 전 수위가 기준이 되어 기 설정된 수위만큼 반복적으로 상기 수위가 높아질 수 있고, 도 4의 (b)와 같이 임의의 구역에서 하천범람이 발생되면 해당 구역이 상기 최초범람구역으로 도출될 수 있다.

[0056] 다음으로, 상기 최초범람수위 획득단계(S400)는 상기 서버(200)에 의하여, 상기 최초범람구역의 최초범람수위가 획득된다. 가장 바람직하게, 상기 최초범람수위 획득단계(S400)는 상기 서버(200) 내 상기 최초범람수위 획득부(230)에 의하여, 상기 최초범람구역 도출단계(S300)로부터 상기 최초범람구역이 발생될 때의 수위가 상기 최초범람수위로 획득될 수 있다. 예컨대 도 5를 보면, 상기 단면 추정단계(S310)로부터 추정된 하천의 단면으로부터 상기 최초범람구역의 양측 제방의 높이를 확인할 수 있고, 최초범람이 발생될 수 있는 수위가 상기 도 5에서는 빨간색 실선으로 표시되어 있다. 한편, 파란색 점선은 하천범람이 발생하기 전 수위가 표시될 수 있다. 상기 최초범람수위 획득단계(S400)는 상기 단면 추정단계(S310)로부터 추정된 하천의 단면으로부터 상기 최초범람구역의 최초범람수위를 확인할 수 있다.

[0057] 다음으로, 상기 조기경보 기준 설정단계(S500)는 상기 서버(200)에 의하여, 하천에서 임의의 구역에 상기 최초범람수위와 동일한 수위가 발생하면 조기경보를 관리자 단말(300)에 제공할 수 있도록 상기 최초범람수위가 상기 조기경보의 기준으로 설정된다,

[0058] 한편, 본원발명은 상기 서버(200)에 의하여, 상기 최초범람수위에 대한 최초범람유량이 연산되는 최초범람유량 연산단계(S600)를 더 포함할 수 있다. 가장 바람직하게, 상기 최초범람유량 연산단계(S600)는 HEC-RAS 프로그을 기반으로 되어 연속 방정식 및 운동량 방정식을 활용한 등류수심 산정식을 이용하여 상기 최초범람수위에 대한 최초범람유량이 연산될 수 있다. 이때, 상기 등류수심 산정식은 상기 단면 추정단계(S221)로부터 추정된 하천의 단면이 이용될 수 있다.

[0059] 따라서 종래에는 하천을 따라 형성된 부지중에서 가장 취약한 부지에 대한 정보가 획득되는데 환경적, 기술적 한계가 존재하나, 본원발명에 의하면, 상기 무인항공체(UAV)(100)로부터 획득한 항공측량자료가 이용되어 하천의 넓은 범위가 한 번에 확인될 수 있고, 수위에 따른 하천범람에 대한 조기경보 기준이 보다 정확하게 설정되어 하천범람의 재산적 피해를 최소화할 수 있는 현저한 효과가 있다.

[0061] 실시예들은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 미들웨어, 마이크로코드, 하드웨어 기술 언어, 또는 이들의 임의의 조합에 의해 구현될 수 있다. 소프트웨어, 펌웨어, 미들웨어 또는 마이크로코드로 구현되는 경우, 필요한 작업을 수행하는 프로그램 코드 또는 코드 세그먼트들은 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장되고 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 수 있다.

[0062] 그리고 본 명세서에 설명된 주제의 양태들은 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈 또는 컴포넌트와 같은 컴퓨터 실행 가능 명령어들의 일반적인 맥락에서 설명될 수 있다. 일반적으로, 프로그램 모듈 또는 컴포넌트들은 특정 작업을 수행하거나 특정 데이터 형식을 구현하는 루틴, 프로그램, 객체, 데이터 구조를 포함한다. 본 명세서에 설명된 주제의 양태들은 통신 네트워크를 통해 링크되는 원격 처리 디바이스들에 의해 작업들이 수행되는 분

산 컴퓨팅 환경들에서 실시될 수도 있다. 분산 컴퓨팅 환경에서, 프로그램 모듈들은 메모리 저장 디바이스들을 포함하는 로컬 및 원격 컴퓨터 저장 매체에 둘 다에 위치할 수 있다.

[0063] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 으로 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0064] 그러므로 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0065] 100.. 무인항공체(UAV)

110.. 사진측량 카메라

200.. 서버

210.. 편향 제거부

220.. 최초범람구역 도출부

221.. 단면 추정부

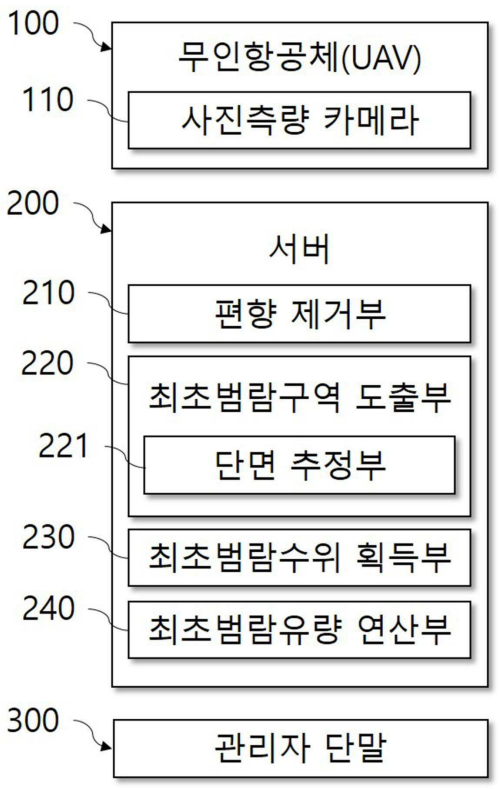
230.. 최초범람수위 획득부

240.. 최초범람유량 연산부

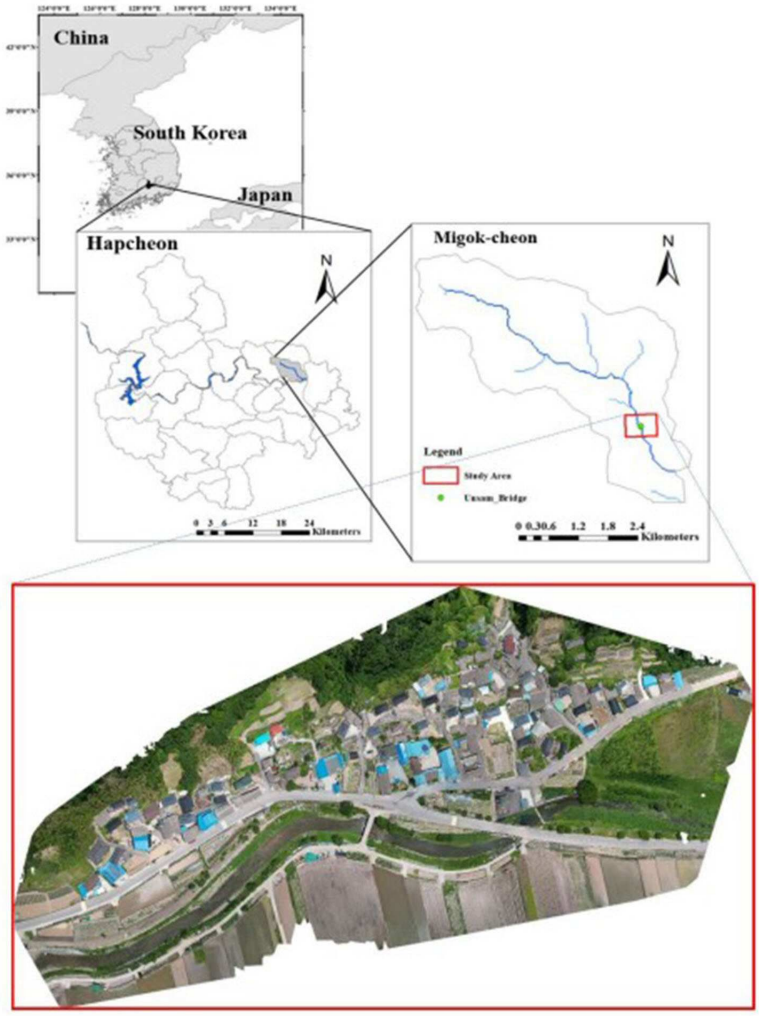
300.. 관리자 단말

도면

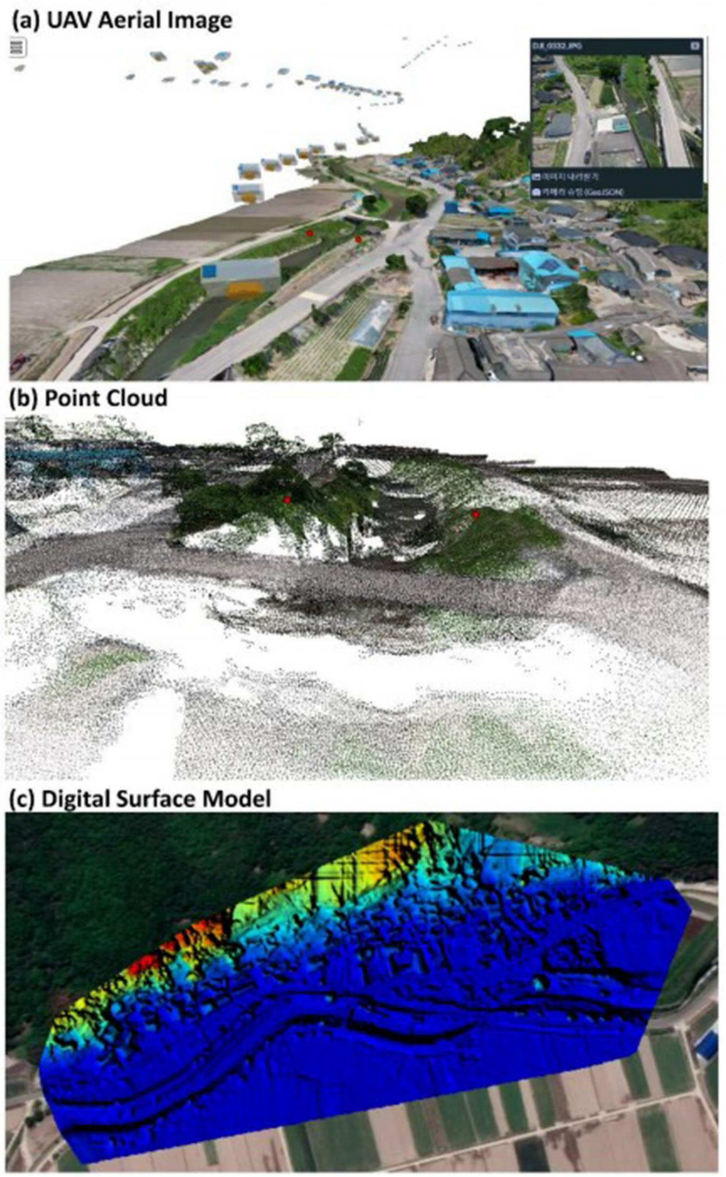
도면1



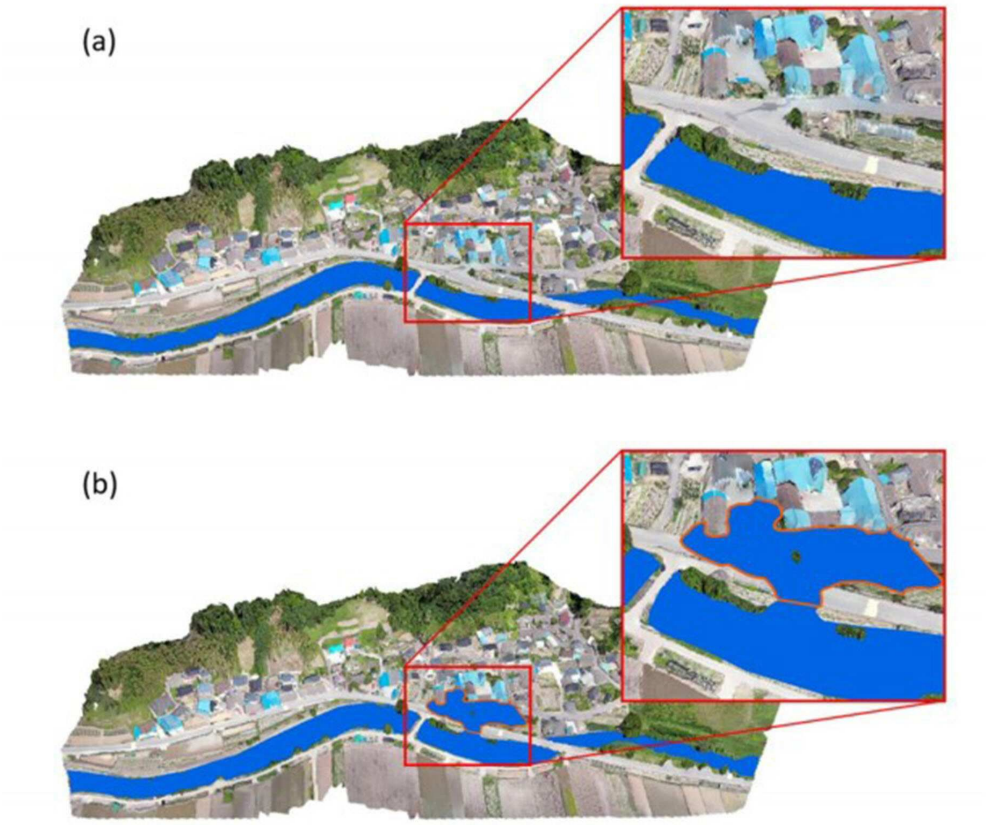
도면2


China
South Korea
Japan
Hapcheon
N
0 3 6 12 18 24
Kilometers
Migok-cheon
N
Legend
Study Area
Unsan_Bridge
0 0.30.6 1.2 1.8 2.4
Kilometers

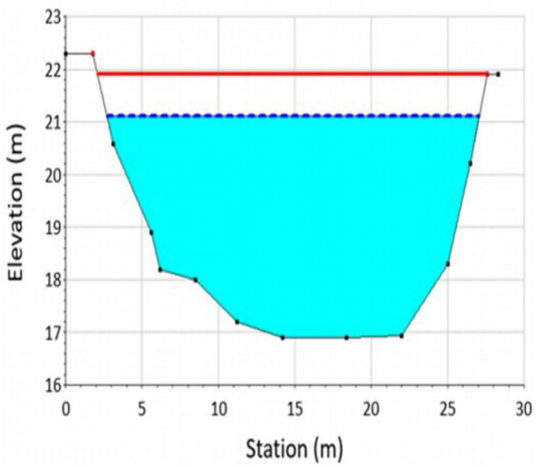
도면3



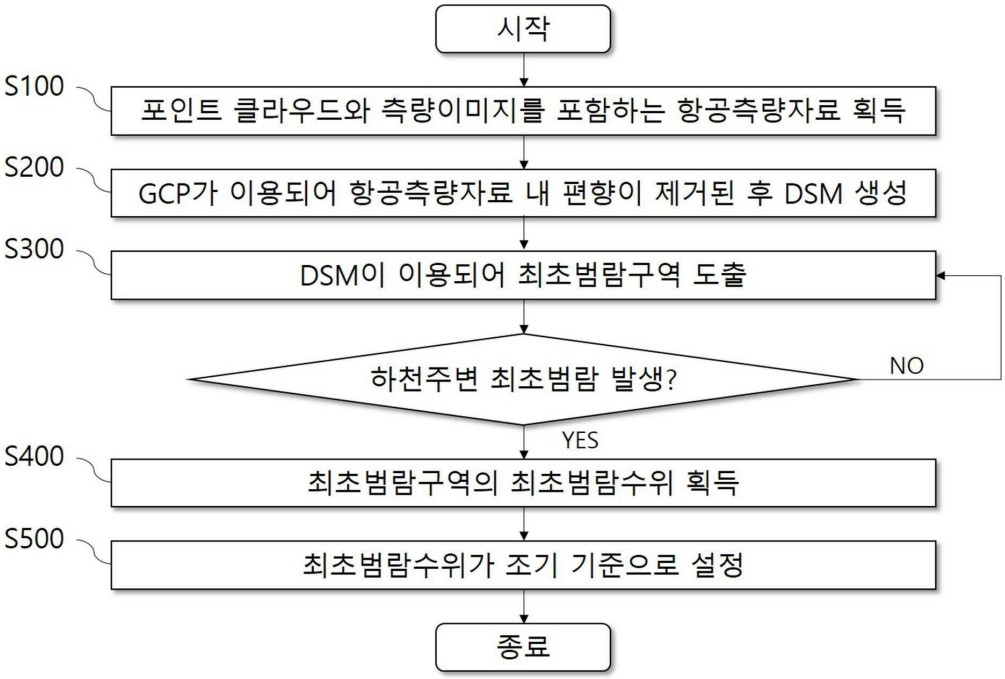
도면4



도면5



도면6


시작
S100
포인트 클라우드와 측량이미지를 포함하는 항공측량자료 획득
S200
GCP가 이용되어 항공측량자료 내 편향이 제거된 후 DSM 생성
S300
DSM이 이용되어 최초범람구역 도출
하천주변 최초범람 발생?
NO
YES
S400
최초범람구역의 최초범람수위 획득
S500
최초범람수위가 조기 기준으로 설정
종료