



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월24일
(11) 등록번호 10-1192300
(24) 등록일자 2012년10월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01C 13/00 (2006.01) G01F 23/00 (2006.01)
G06Q 50/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0097507
(22) 출원일자 2011년09월27일
심사청구일자 2011년09월27일
(56) 선행기술조사문헌
JP2007226681 A
KR1020070032571 A

(73) 특허권자
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095 (신당동)
(72) 발명자
고병철
대구광역시 달서구 호산로29길 35, 진달래빌라 206호 (파호동)
곽준영
대구광역시 서구 당산로86길 7-10 (평리동)
남재열
대구광역시 수성구 범물동 서한화성아파트 103동 1401호
(74) 대리인
김일환

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 이현길

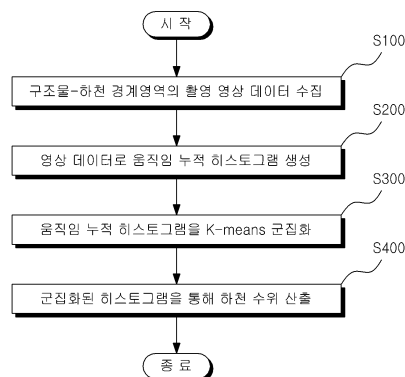
(54) 발명의 명칭 케이 평균 군집화를 이용한 하천 수위 예측방법 및 그 시스템

(57) 요약

본 발명은 하천 수위 예측 방법 및 그 시스템에 관한 것으로, 카메라와 영상처리장치로 구성된 예측 시스템을 통한 하천 수위 예측방법에 있어서, (a) 카메라로 구조물과 하천수의 경계 영역을 촬영하고, 상기 영상처리장치에서 상기 촬영한 영상 데이터를 수집하는 단계; (b) 상기 영상처리장치에서 수집된 상기 영상 데이터로부터 움직임 누적 히스토그램(Accumulated Motion Histogram)을 생성하는 단계; (c) 상기 영상처리장치에서 상기 움직임 히스토그램을 케이 평균(K-means) 군집화하는 단계; 및 (d) 상기 케이 평균(K-means) 군집화된 히스토그램을 통해 상기 하천 수위를 산출하는 단계를 포함한다.

이와 같은 본 발명은, 다양한 환경과 조건에서도 하천의 수위를 정밀하고 정확하게 예측할 수 있을 뿐만 아니라, 필요에 따라 선택적으로 조건을 변경하여 용이하게 주변상황에 적합한 수위 예측이 가능한 방법 및 시스템을 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

카메라와 영상처리장치로 구성된 계측 시스템을 통한 하천 수위 계측방법에 있어서,

- (a) 카메라로 구조물과 하천수의 경계 영역의 영상을 촬영하고, 상기 영상처리장치에서 상기 영상의 영상 데이터를 수집하는 단계;
- (b) 상기 영상처리장치에서 수집된 상기 영상 데이터로부터 광 흐름(optical flow)을 이용하여 움직임 벡터를 생성하고, 상기 움직임 벡터의 크기를 누적시켜 누적 히스토그램(Accumulated Motion Histogram)을 형성하는 단계;
- (c) 상기 영상처리장치에서 상기 누적 히스토그램을 케이 평균(K-means) 군집화하는 단계; 및
- (d) 상기 케이 평균(K-means) 군집화된 히스토그램을 통해 상기 하천 수위를 산출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 케이 평균(K-means) 군집화를 이용한 하천 수위 계측방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (d) 단계는,

상기 K 군으로 군집화된 상기 누적 히스토그램의 영역에서, 상기 K는 적어도 3개의 군인 것을 특징으로 하는 케이 평균(K-means) 군집화를 이용한 하천 수위 계측방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 군집화는 K가 3개의 군으로서, 구조물 영역, 충돌 영역 및 물영역으로 분류하여 군집화 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 케이 평균(K-means) 군집화를 이용한 하천 수위 계측방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 (d) 단계는,

상기 구조물 영역과 충돌영역의 경계 수위를 하천 수위로 산출하는 것을 특징으로 하는 케이 평균(K-means) 군집화를 이용한 하천 수위 계측방법.

청구항 6

하천수의 경계 영역의 영상을 촬영하는 카메라와, 상기 카메라에서 촬영된 영상을 처리하여 하천 수위를 산출하는 영상처리장치를 포함하되,

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항의 방법을 이용하여 하천 수위를 계측하는 것을 특징으로 하는 하천 수위 계측 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,
야간 영상 촬영을 위한 조명장치와,
상기 카메라의 작동을 제어하는 제어장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 하천 수위 계측 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서,
상기 카메라와 상기 영상처리는 유선 또는 무선 네트워크로 연결된 것을 특징으로 하는 하천 수위 계측 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 하천 수위 계측 방법 및 시스템에 관한 것으로, 보다 정밀한 K-means 군집화를 이용한 하천 수위 계측방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 국내에서 발생하는 재난피해의 90% 이상이 풍수해로 우리나라는 반도 국가의 특성상 매년 태풍과 홍수해에 의해 많은 인적, 물적 피해를 입는다. 특히 최근 발생하는 태풍과 홍수는 지구 온난화에 따른 기후 변화 등으로 인한 것으로 과거와는 달리 규모가 커지고 진로를 예측하기가 매우 힘들기 때문에 이로 인한 피해규모가 매년 기하급수적으로 늘어나고 있는 형국이다. 이러한 재난피해를 사전에 예방하고자 하천 수위를 자동으로 감지하는 시스템에 대한 요구가 크게 증가하고 있다.

[0003] 기존의 하천 수위 감지 시스템은 초음파 센서와 압력 센서가 주로 사용되고 보조적으로 CCD 카메라를 이용한 방법이 사용되고 있다. 초음파 센서의 경우에는 하천에 설치된 다리나 다리 기둥에 설치되어 초음파를 수면으로 발사한다. 발사된 초음파는 하천의 표면에 반사되어 다시 센서로 돌아오게 되는데 이것을 측정하여 하천의 수위를 감지하는 방식을 사용한다. 초음파 센서는 다리 또는 다리 기둥에 설치가 되므로 센서의 수명이 길지만 눈이나 비와 같이 외부적인 요인에 민감한 단점이 있다.

[0004] 압력 센서는 하천 아래에 설치가 되어 측정되는 압력으로 하천의 수위를 감지한다. 눈이나 비와 같은 외부 환경 변화에 덜 민감하지만 하천 아래에 설치되어 지속적으로 압력을 받기 때문에 수명이 짧은 단점이 있다.

[0005] CCD 카메라를 이용하는 방법은 초음파 센서처럼 하천 위에 CCD 카메라를 설치하여 하천을 감시하는 것이다. CCD 카메라로 하천을 감지할 경우 하천 수위뿐만 아니라 하천 주변 환경 정보까지 획득할 수 있다. 하지만 하천 수위를 감지하기 위해서는 사람이 계속해서 CCD 카메라가 보내오는 영상을 감시해야 함으로, 추가적인 인력사용에 대한 비용이 발생한다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명에서는 관리자가 지속적으로 모니터링하는 방법이 아니라, 영상 처리 기술을 이용하여 CCD 카메라에 입력된 영상에서 하천 수위를 자동으로 감지하여 설정된 수위를 초과하였을 때 이를 인식하고 경보를 울릴 수 있는 자동화된 시스템을 제공하고자 함이다.

[0007] 또한, 다양한 환경과 조건에서도 하천의 수위를 정밀하고 정확하게 계측할 수 있는 하천 수위 계측방법 및 시스템을 제공하고자 함이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상술한 과제를 해결하는 본 발명의 제1 특징은 카메라와 영상처리장치로 구성된 계측 시스템을 통한 하천 수위 계측방법에 있어서, (a) 카메라로 구조물과 하천수의 경계 영역을 촬영하고, 상기 영상처리장치에서 상기 촬영한 영상 데이터를 수집하는 단계; (b) 상기 영상처리장치에서 수집된 상기 영상 데이터로부터 움직임 누적 히스토그램(Accumulated Motion Histogram)을 생성하는 단계; (c) 상기 영상처리장치에서 상기 움직임 히스토그램을 케이 평균(K-means) 군집화하는 단계; 및 (d) 상기 케이 평균(K-means) 군집화된 히스토그램을 통해 상기 하천 수위를 산출하는 단계를 포함한다.
- [0009] 여기서, 상기 (b) 단계는, 광 흐름(optical flow)을 이용하여 움직임 벡터를 생성하고, 상기 움직임벡터를 Y축으로 투영시켜 누적시키는 단계인 것이 바람직하고, 상기 (d) 단계는, 상기 K 군으로 군집화된 상기 히스토그램의 영역에서, 상기 K는 적어도 3개의 군인 것이 바람직하다.
- [0010] 또한, 바람직하게는 상기 군집화는 K가 3개의 군으로서, 구조물 영역, 충돌 영역, 물영역으로 구분하는 단계를 포함하는 것일 수 있고, 상기 (d) 단계는, 상기 구조물 영역과 충돌영역의 경계 수위를 하천 수위로 산출하는 것일 수 있다.
- [0011] 그리고, 본 발명의 제2 특징은 카메라, 영상처리장치를 포함하되, 상기 하천 수위 계측방법 중 어느 한 방법을 이용하여 하천 수위를 계측하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 여기서, 야간 영상 촬영을 위한 조명장치와, 상기 카메라의 작동을 제어하는 제어장치를 더 포함하는 것이 바람직하고, 상기 카메라와 상기 영상처리하는 유선 또는 무선 네트워크로 연결된 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0013] 이와 같은 본 발명은, 다양한 환경과 조건에서도 하천의 수위를 정밀하고 정확하게 계측할 수 있을 뿐만 아니라, 필요에 따라 선택적으로 조건을 변경하여 용이하게 주변상황에 적합한 수위 계측이 가능한 방법 및 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명에 따른 케이 평균(K-means) 군집화를 이용한 하천 수위 계측방법에 관한 흐름을 나타낸 도면,
 도 2는 본 발명에 따른 하천 수위 계측방법에 사용되는 광 흐름(optical flow)을 이용하여 구해진 움직임벡터를 화면에 표시한 영상,
 도 3은 본 발명에 따른 하천 수위 계측방법에 사용되는 입력영상(도 3의 (a))과, 움직임 벡터를 나타낸 사진(도 3의 (b))과, 움직임 벡터 히스토그램을 나타낸 도면,
 도 4는 도 3의 움직임 누적 히스토그램에 K=3인 경우의 케이 평균(K-means) 군집화를 적용시킨 결과 영상,
 도 5는 유속이 빠른 하천 동영상에서 K=2로 설정하고 케이 평균(K-means) 군집화를 적용시킨 결과 영상,
 도 6은 도 5의 움직임 누적 히스토그램에 대해 K = 3으로 설정하고 케이 평균(K-means) 군집화를 적용하여 수위를 검출한 예를 나타낸 영상,
 도 7은 본 발명에 따른 또 다른 실시예로서, 케이 평균(K-means) 군집화를 이용한 하천 수위 계측 시스템의 블록 구성을 나타낸 도면,
 도 8 내지 도 10은 종래의 FIR(Finite Impulse Response) 필터를 적용한 방법과 본 발명에 따른 케이 평균(K-means) 군집화 방법을 적용한 하천 수위 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 통해 설명될 것이다. 그러나 본 발명은 여기에서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 단지, 본 실시예들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여 제공되는 것이다.

- [0016] 도면들에 있어서, 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니며 명확성을 기하기 위하여 과장된 것이다. 또한 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소를 나타낸다.
- [0017] 본 명세서에서 "및/또는"이란 표현은 전후에 나열된 구성요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용된다. 또한, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 또한, 명세서에서 사용되는 "포함한다" 또는 "포함하는"으로 언급된 구성요소, 단계, 동작 및 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작, 소자 및 장치의 존재 또는 추가를 의미한다.
- [0018] 이하에서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0019] 도 1은 본 발명에 따른 케이 평균(K-means) 군집화를 이용한 하천 수위 예측방법에 관한 흐름을 나타낸 도면이다. 도 1에 나타낸 바와 같이, 본 발명에 따른 하천 수위 예측방법은, 카메라와 영상처리장치로 구성된 예측 시스템을 통한 하천 수위 예측방법에 있어서, (a) 카메라로 구조물과 하천수의 경계 영역을 촬영하고, 상기 영상처리장치에서 상기 촬영한 영상 데이터를 수집하는 단계(S100); (b) 상기 영상처리장치에서 수집된 상기 영상 데이터로부터 움직임 누적 히스토그램(Accumulated Motion Histogram)을 생성하는 단계(S200); (c) 상기 영상처리장치에서 상기 움직임 히스토그램을 케이 평균(K-means) 군집화하는 단계(S300); 및 (d) 상기 케이 평균(K-means) 군집화된 히스토그램을 통해 상기 하천 수위를 산출하는 단계(S400)를 포함하여 구성된다.
- [0020] 본 발명은 구조물과 물의 경계영역으로서 하천의 수위를 측정하기 위해 교각의 기둥에 설치된 카메라 영상을 획득하고(S100), 획득된 카메라 영상 데이터를 영상처리장치를 통해 자동으로 하천의 수위를 예측하는 방법을 제한하는 것으로, 케이 평균(K-means) 군집화를 이용하여 구조물과 물의 영역을 구분하여 하천 수위를 예측한다는 점에 그 특징이 있다.
- [0021] 먼저, 카메라를 통해 촬영된 영상 데이터를 수집하고(S100), (b) 단계인 수집된 영상 데이터를 가지고, 움직임 누적 히스토그램(Accumulated Motion Histogram)을 생성하는 단계(S200)를 살펴보면 다음과 같다.
- [0022] 본 발명에서 제안하는 방법은 움직임 누적 히스토그램에 케이 평균(K-means) 군집화를 적용하여 구조물 또는 다리 기둥 영역과 물 영역을 구분하고 그 경계를 찾는 것이다. 하천은 물의 흐름이 지속적으로 발생함으로 물의 흐름에서 발생하는 움직임과 정지되어 있는 구조물 영역(다리 기둥 영역)간의 차이를 부각시킬 수 있는 특징을 사용하여 하천 수위를 감지하도록 한다.
- [0023] 이를 위해 본 발명에서는 광 흐름(optical flow)을 이용하여 움직임벡터를 생성하고 이를 Y축으로 투영시킨 움직임 누적 히스토그램(AMH: Accumulated Motion Histogram)을 생성한다.
- [0024] 본 발명에서 사용한 Horn 과 Schunck의 광 흐름(optical flow) 검출 알고리즘은 각 픽셀별 움직임을 예측하는 알고리즘으로서 이전 프레임과 현재 프레임을 비교하여 움직인 방향과 크기를 구할 수 있다. 광 흐름(optical flow)의 중요 포인트는 색상 지속성(color constancy)과 움직임 근접성(small motion)으로, 색상 지속성은 이전 프레임에서 (i, j) 좌표에 있던 픽셀값이 (i+1, j+1) 좌표로 이동을 했다면 이전 프레임에서 (i, j) 좌표의 픽셀값과 현재 프레임에서 (i+1, j+1) 좌표의 픽셀값이 같아야 한다는 것이다.
- [0025] 또한, 움직임 근접성은 픽셀값의 이동이 있을 때 그 거리는 일정 거리 이하로 제한된다는 것이다. 이 두 가지 중요 포인트를 바탕으로 수평 방향과 수직 방향을 나눠서 움직임을 구한다. 이렇게 구해진 움직임 값을 이용하여 픽셀의 수평 방향의 변화량과 수직 방향의 변화량을 구하게 된다.
- [0026] 도 2는 본 발명에 따른 하천 수위 예측방법에 사용되는 광 흐름(optical flow)을 이용하여 구해진 움직임벡터를 화면에 표시한 것이다. 도 2에 나타낸 바와 같이, 하천 영역에서는 움직임을 나타내지만, 다리 기둥 영역에서는 움직임이 감지되지 않고 있다. 이러한 사실을 이용하여 광 흐름(optical flow)을 사용하면 움직임이 있는 하천 영역과 움직임이 없는 다리 기둥 영역으로 영역을 구분할 수 있다.
- [0027] 하지만 유속의 강약에 따라 다리 기둥과 물의 충돌이 발생하는 지점에서도 물보라에 의해 역시 움직임이 감지되므로 단지 움직임이 있는 부분과 없는 부분의 경계로 하천 수위를 정하는 방법은 부정확한 결과를 초래할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 움직임 누적 히스토그램을 제안하여 기둥영역, 물보라 영역, 물 영역 구분을 위한 특징으로 사용하도록 한다.
- [0028] 움직임 누적 히스토그램은 영상에서 단순히 움직임이 나타난 벡터의 크기를 누적한다. 움직임 벡터의 방향은 강물이 다리 기둥에 부딪치면서 다양한 움직임 방향을 나타냄으로 움직임 벡터의 방향은 제외하고 벡터의 크기만

을 Y 축으로 투영하여 누적하는데, 이렇게 생성된 히스토그램은 기둥 영역 부분에서는 히스토그램 빈의 누적 개수가 적고 물 영역에서는 히스토그램 빈의 누적 개수가 많아지게 된다.

- [0029] 기둥 영역이 위치한 Y축에서 빈 누적 개수가 존재하는 이유는 기둥 영역 오른쪽이 하천 영역이기 때문이다. 하지만 그 수가 적기 때문에 히스토그램이 누적되면 어느 정도 두 영역의 구분이 가능해진다.
- [0030] 도 3은 본 발명에 따른 하천 수위 예측방법에 사용되는 입력영상(도 3의 (a))과, 움직임 벡터를 나타낸 사진(도 3의 (b))과, 움직임 벡터 히스토그램을 나타낸 도면이다. 도 3에 나타낸 바와 같이, 히스토그램의 분포가 가운데 부분이 가장 높고 위쪽과 아래쪽이 낮은 것을 볼 수 있다.
- [0031] 이는 유속이 빠를 경우 물과 기둥이 만나는 부분에서 충돌로 인해 물보라가 크게 일어남으로써, 다른 부분에 비해 상대적으로 많은 움직임을 갖게 되고 따라서 큰 움직임을 갖는 움직임이 검출된다. 기둥 영역 오른쪽의 하천 영역으로 인해 어느 정도의 움직임이 검출되었지만 히스토그램의 크기가 작기 때문에 물 영역과 육안으로 어느 정도 구분이 되는 것을 볼 수 있다. 하지만 히스토그램의 아래쪽은 히스토그램의 크기가 매우 작은 것을 볼 수 있는데 이는 기둥 영역에 비해 장애물이 없는 아래쪽의 물의 흐름이 잔잔하기 때문이다.
- [0032] 도 3에 나타낸 바와 같이, 강물은 영역별로 움직임의 크기가 다르기 때문에 움직임 누적 히스토그램만을 이용해서는 기둥 영역과 물 영역을 완벽하게 구분하지 못한다.
- [0033] 따라서, 기둥 영역과 물 영역을 완벽하게 구분하고, 가뭄과 홍수와 같이 강물의 변화가 심한 경우에도 하천 수위를 효율적으로 감지하기 위해서는 학습을 통한 교사학습(supervised learning) 방법보다는 비교사 학습(non-supervised learning) 방법이 사용되어야 한다. 본 논문에서는 비교사 학습 기법 중 성능이 우수하고 속도가 빠른 K-mean 군집화 기법을 사용하여 하천수위를 감지하도록 한다.
- [0034] (c) 단계는, 영상처리장치에서 상기 움직임 히스토그램을 케이 평균(K-means) 군집화하는 단계(S300)로서, 물보라와 같은 이상 상황에서도 더욱 정밀하게 예측하기 위해, 물과 구조물 영역을 세밀하게 나누어 구분할 수 있는 케이 평균(K-means) 군집화하는 단계를 말한다.
- [0035] 즉, 이하에서 광 흐름(optical flow)에 의해 생성된 움직임 누적 히스토그램에 대해 케이 평균(K-means) 군집화를 적용하여 다리 기둥 영역과 물 영역을 나누는 알고리즘을 설명한다.
- [0036] 케이 평균(K-means) 군집화는 주어진 데이터들의 특성을 비교하여 유사한 특성을 갖는 데이터들을 K개의 군집으로 분류시켜주는 비 교사 분류 (non-supervised classification) 방법 중의 하나이다.
- [0037] 다리 기둥 영역과 물 영역을 구분하기 위해서는 우선 움직임 누적 히스토그램의 빈(bin) 번호(b_index)와 각 빈에 포함된 움직임의 크기(mv)를 특징벡터로 하는 2차원 벡터 $\mathbf{v}=[b_index, mv]$ 를 생성한다. 다음으로 다리 기둥(K=1)과 물 영역 충돌영역(K=2), 물 영역(K=3)으로 이루어진 3개의 클래스를 구분하기 위해 K=3인 K-means 군집화를 적용한다.
- [0038] 또한, 물과 구조물의 경계영역인 하천다리를 향하고 있는 카메라의 영상에는 상단의 기둥과 하단의 물 영역이 사전정보로 주어짐으로 케이 평균(K-means) 군집화의 수렴속도 및 분류 성능에 영향을 미치는 초기 영역의 시작점을 K=1에 대해서는 최상단 빈의 값으로, K=2는 중간 빈 값, K=3에 대해서는 최하단의 빈의 값으로 설정한다.
- [0039] 이렇게 주어진 초기 영역의 시작점과 2차원 특징 벡터 $\mathbf{v}$ 를 대상으로 케이 평균(K-means) 군집화를 수행하여 적은 움직임을 갖는 기둥 영역, 큰 움직임을 갖는 충돌영역, 일정한 움직임을 갖는 물 영역으로 분류한다.
- [0040] 이처럼, 본 발명에서 제안한 케이 평균(K-means) 군집화를 이용한 하천 수위 예측 방법의 순서 및 그 방법을 수학적으로 설명하면 아래와 같다.
- [0041] 첫번째 단계는 촬영된 영상 데이터를 광 흐름(optical flow)을 이용하여 움직임 벡터 생성하고, 벡터 크기를 Y 축으로 투영시켜 2 X N차원의 움직임 누적 히스토그램(AMH)을 생성한다.(S200)
- [0042] 두번째 단계는 상기 움직임 누적 히스토그램으로부터 케이 평균(K-means) 군집화를 다음과 같이 수행한다.(S300)

[0043] 1) Input : AMH = $\{\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_N\}$, , 반복횟수 $t = 1$

[0044] 2) 초기 중심 벡터 집합 생성 및 초기화

[0045] 초기 중심 벡터 집합 $\{\mathbf{k}_1^t, \mathbf{k}_2^t, \mathbf{k}_3^t\}$ 으로서, [수학식 1]과 같다.

수학식 1

$$\begin{aligned}\mathbf{k}_1^t &= \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{k}_2^t &= \mathbf{v}_{N/2} \\ \mathbf{k}_3^t &= \mathbf{v}_N\end{aligned}$$

[0046]

[0047] 3) 만약 벡터 $\mathbf{v}_n$ 이 $\mathbf{k}_i$ 에 가장 가깝다면 C_i 군집에 속하도록 레이블링하면 [수학식 2]와 같이 표현되고, [수학식 2]에 의해 데이터 집합 AMH C_1, C_2, C_3 의 군집들로 분류된다.

수학식 2

$$C_i = \{\mathbf{v}_n \mid d(\mathbf{v}_n, \mathbf{k}_i) \leq d(\mathbf{v}_n, \mathbf{k}_j), j = 1, \dots, K, i \neq j\}$$

[0048]

[0049] 4) 3)에서 구한 새로운 군집들에서 각각의 중심벡터를 갱신하면 [수학식 3]과 같고, 함수 $\mu(x)$ 는 각 군집의 중심을 구하는 함수이다.

수학식 3

$$\mathbf{k}_i^{t+1} = \mu(C_i), i = 1, \dots, K$$

[0050]

[0051] 5) 군집의 새로운 중심점과 각 군집의 요소들과의 거리 합으로 총 왜곡(distortion)을 계산하면 [수학식 4]와 같다.

수학식 4

$$D = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^N d(\mathbf{v}_{n,i}, \mathbf{k}_i), \mathbf{v}_{n,i} \in C_i$$

[0052]

[0053] 6) 총 왜곡이 적절하게 변하지 않았거나 설정된 반복 횟수에 도달할 때까지 단계 3) ~ 단계 5)를 반복한다.

[0054] 7) 이를 바탕으로 군집화된 움직임 누적 히스토그램(AMH)을 생성한다.

- [0055] 세번째 단계는, 군집화된 누적 히스토그램(AMH)에서 첫 번째 군집과 두 번째 군집의 경계 설정하는 것으로, 상기 경계값을 바탕으로 하천 수위를 산출한다.(S400)
- [0056] for i = 0: N
- [0057] // 군집 번호가 다른 군집이 나타나면 경계로 결정
- [0058] if AMH[i-1] ≠ AMH[i]
- [0059] i = Water Level
- [0060] break;
- [0061] 와 같은 방법으로 군집의 경계를 설정하게 된다.
- [0062] 도 4는 도 3의 움직임 누적 히스토그램에 K=3인 경우의 케이 평균(K-means) 군집화를 적용시킨 결과 영상이다. 도 4에 나타난 바와 같이, 움직임이 많은 데이터들과 움직임이 적은 데이터들이 각각 군집화하여 세 개의 영역으로 나뉘지는데 아래 부분이 물 영역에 해당하고, 중간 부분이 충돌영역, 윗부분이 기둥 영역에 해당한다.
- [0063] 도 5는 유속이 빠른 하천 동영상에서 K=2로 설정하고 케이 평균(K-means) 군집화를 적용시킨 결과 영상이다. 우기에 하천의 유속이 빨라지면 기둥에 물이 부딪치면서 발생하는 물보라로 인해 기둥 오른쪽 편에서 많은 움직임이 일어나게 되고 이 상태에서 움직임 누적 히스토그램에 K=2인 케이 평균(K-means) 군집화를 적용하면 도 5와 같이 물 영역과 기둥 영역의 경계를 찾지 못하고 더 아래쪽이 수위라고 오감지를 하게 된다.
- [0064] 이런 경우를 해결하고자 영역의 개수를 K = 3으로 설정하여 케이 평균(K-means) 군집화를 적용하면, 기둥 영역과 물 영역인 두 개의 영역으로 군집화를 하는 것이 아니라 기둥 영역 (K=1), 충돌 영역 (K=2), 물 영역(K=3)으로 군집화할 수 있다.
- [0065] 도 6은 도 5의 움직임 누적 히스토그램에 대해 K = 3으로 설정하고 케이 평균(K-means) 군집화를 적용하여 수위를 검출한 예이다. 도 5에서는 물보라가 심한 영역과 기둥 영역이 하나의 군집으로 군집화가 되었고, 아래쪽의 물 흐름이 약한 영역이 하나의 군집이 되어 실제 수위 아래쪽을 수위라고 오감지를 하고 있지만, 도 6에서는 기둥 영역과 물보라가 심한 영역이 나뉘어서 군집화가 수행되어 실제 수위와 두 영역의 경계가 일치하고 있음을 알 수 있다.
- [0066] 도 7은 본 발명에 따른 또 다른 실시예로서, 케이 평균(K-means) 군집화를 이용한 하천 수위 예측 시스템의 블록 구성을 나타낸 도면이다. 도 7에 나타난 바와 같이, 본 발명의 시스템은, 카메라(100), 조명등(150), 카메라 제어장치(300) 및 영상처리장치(400)로 구성된다. 여기서 카메라 제어장치와 영상처리 장치는 하나의 PC를 통해 제어 및 처리가 가능한 물론이다.
- [0067] 이와 같은 구성을 통하여, 구조물과 물의 경계 영역을 카메라로 실시간 촬영하고, 촬영된 영상을 영상처리장치에서 자동으로 케이 평균(K-means) 군집화 알고리즘을 이용하여 하천 수위를 산출하는 시스템이다. 여기서, 조명등(150)은 밤에 카메라(100)를 촬영하기 위한 조명이고, 카메라 제어장치(300)는 구조물에 설치된 눈금과, 경계영역을 명확히 포착하여 촬영하기 위해 외부 또는 원거리에서 카메라를 제어 또는 조정하기 위한 장치이다.
- [0068] 그리고, 카메라에서 촬영하여 획득한 영상은 유선 또는 무선으로 원거리에 있는 영상처리장치(400)로 실시간 전송하게 된다. 하천 수위를 측정하기 위한 경계영역의 위치에 따라 유선 또는 무선으로 선택적으로 설치할 수 있고, 무선으로 데이터를 통신하기 위해서는 카메라 장치에 무선 통신장치의 구성이 더 필요하다. 또한 영상처리 장치를 통해 상기 산출된 하천의 수위가 특정 수위를 넘는 경우, 자동으로 경보신호를 생성하여 외부로 알리는 것이 가능한 물론이다.

[0069] **결과 및 분석**

[0070] 본 발명에서는 CCD 카메라 기반의 하천수위 감지 실험을 위해 한강철교에 설치된 CCD카메라로부터 입력된 3개의 비디오를 사용하였다. 실험에서 사용된 3개의 동영상은 주간에 촬영된 2개의 영상과 야간에 촬영된 1개의 영상으로 구성되었다. 특히 주간의 1개 영상과 야간의 1개 영상은 장마기간에 촬영된 영상이며, 주간의 1개의 영상은 건기에 촬영된 영상이다. 사용된 동영상에 대한 자세한 설명은 [표 1]과 같다.

표 1

Movie	Type of Movie	Frame
Movie 1	장마철 (주간)	900
Movie 2	장마철 (야간)	900
Movie 3	건기 (주간)	819

- [0071]
- [0072] [표 1]에서 Movie 1은 물살의 세기가 중간 정도로 다리 기둥에 조금씩 물보라가 나타나고 Movie 2는 야간에 조명을 켜고 촬영된 영상으로 물살의 세기가 매우 강하여 거친 물보라가 끊임없이 나타난다. 그리고 Movie 3은 물살의 세기가 약하여 거의 물보라가 일지 않는 하천 영상이다. 각 동영상은 CCD카메라로부터 원격지 컴퓨터로 유선 네트워크를 통해 전송됨으로 네트워크 지연에 의해 동일한 프레임이 연속적으로 캡처되는 현상이 발생한다.
- [0073] 따라서, 알고리즘 상에서 동일한 프레임에 대해서는 1개의 프레임만을 사용하도록 구현하였으므로 도 8 내지 도 10의 테스트 결과에서 프레임수가 [표 1]의 프레임수와 차이가 발생한다. 도 8 내지 도 10은 종래의 FIR 필터를 적용한 방법과 본 발명에 따른 케이 평균(K-means) 군집화 방법을 적용한 하천 수위 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0074] 본 발명에서 제안된 기법에 의한 하천수위의 성능을 평가하기 위해서, 제안된 기법에 의해 검출된 수위 측정 방법과 FIR 필터를 이용하여 하천 수위를 검출하는 Udomsiri 방법과의 성능을 비교하였다. 실험을 위해 관리자가 매 프레임마다 ground-truth로 사용할 하천 수위의 위치를 수동으로 설정하도록 하였다.
- [0075] 이후 설정된 하천 수위를 0으로 설정하고 각 알고리즘을 적용하여 검출된 수위와의 오차를 계산한다. 이때, 오차가 '+'인 경우(over estimation)는 기준 수위보다 높게 오검출된 경우이고, 오차가 '-'인 경우(under estimation)는 기준수위보다 낮게 오검출된 경우를 의미한다. 오차의 단위는 픽셀이며 이를 매 프레임마다 그래프로 표시한 것이 도 8, 도 9 및 도 10의 결과이다.
- [0076] 도 8에 나타낸 바와 같이, 본 발명에서 제안하는 방법의 경우 영상의 종류와 관계없이 FIR필터 방법에 비해 일관적으로 ground-truth와 유사한 결과를 보여줌을 알 수 있다. 특히 도 8 및 도 9와 같이 물살의 흐름이 강한 경우 FIR방법은 물살에서 발생하는 강한 수평 에지 성분으로 인해 수위를 실제 수위의 아래로 감지하는 under estimation 오검지가 크게 나타나는 것에 비해, 본 발명에서 제안하는 방법에서는 오히려 유속이 강한 부분에서 움직임 벡터가 크게 나타남으로 케이 평균(K-means) 군집화에 의해 물 영역과 기둥영역을 더 정확하게 구분하는 것을 알 수 있다.
- [0077] 또한 케이 평균(K-means) 군집화 방법에서, K=2인 경우와 K=3인 경우의 성능을 비교해 보면, 도 9에서 알 수 있듯이 강물의 유속이 빠를 경우 다리의 기둥 부위에 충돌로 인한 물보라 현상이 발생하여 2개의 군집보다는 물보라 영역을 또 다른 하나의 영역으로 구분하는 K=3인 군집화가 훨씬 더 안정되고 정확한 성능을 보여줌을 알 수 있다.
- [0078] 추가적으로 도 8 내지 도 10에서 제시된 3개 동영상에 대한 전체 하천수위 감지의 오차 평균을 아래 [표 2]와

같이 측정하였다. [표 2]에서 평균 에러 (Average Error)는 Over Estimation과 Under Estimation의 절대값의 합에 대한 평균이다.

표 2

Method	Under Estimation	Over Estimation	Average Error
FIR 방법	-76.99	59.16	68.07
K-means 군집화 방법(K=2)	-58.45	10.67	34.56
K-means 군집화 방법(K=3)	-4.93	10.45	7.69

[0079]

[0080]

[표 2]에서 보는 것과 같이 본 발명에서 제안하는 방법이 under estimation과 over estimation에서 FIR보다 일관되게 뛰어난 성능을 보여줄 뿐만 아니라 평균 에러율에서도 상대적으로 30~60 픽셀 정도 작은 오차를 보여줄 수 있다. 또한 K=3일 경우는 K=2인 경우보다도 under estimation에서는 53.52, over estimation에서는 0.22, 평균 에러율에서는 26.87 만큼 줄어든 오차를 보이고 있다.

[0081]

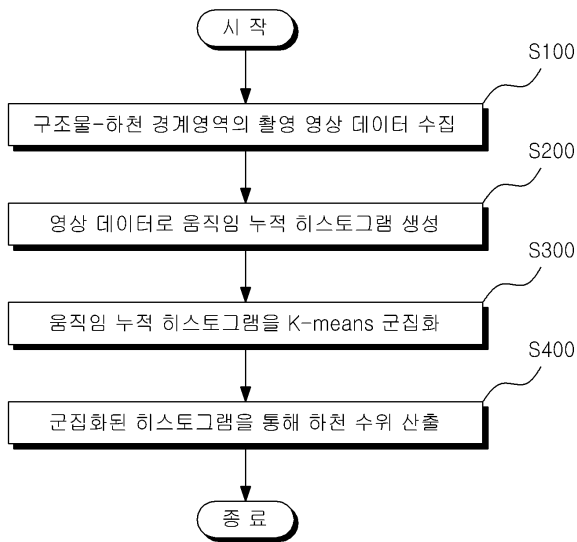
이처럼, 본 발명에서는 강물의 움직임을 이용하여 움직임 누적 히스토그램을 만들고 케이 평균(K-means) 군집화를 이용하여 다리 기둥 영역과 물 영역을 분할함으로써, 유속의 강약에 상관없이 일관적이고 정확하게 수위를 감지하는 계측방법을 제안한다. 특히 케이 평균(K-means) 군집화 방법에서 유속이 강할 경우 강물과 다리 기둥영역과의 충돌로 인해 발생하는 물보라를 구분해 내기 위해 K = 3으로 설정함으로써 효과적으로 기둥 영역과 물 영역을 분할하여 정확한 수위를 감지하는 것이 가능하다.

[0082]

이상의 설명에서 본 발명은 특정의 실시예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

도면

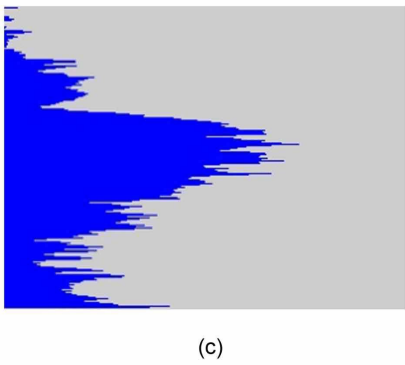
도면1



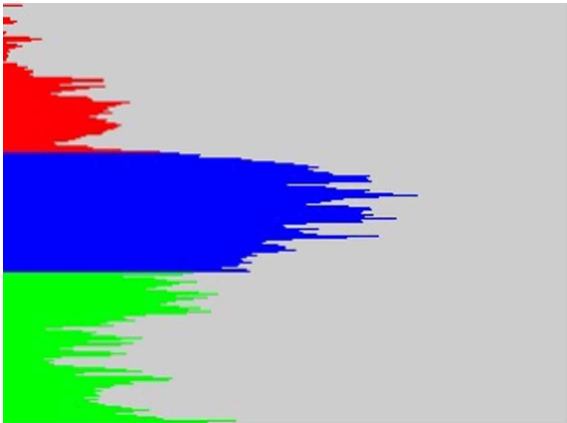
도면2



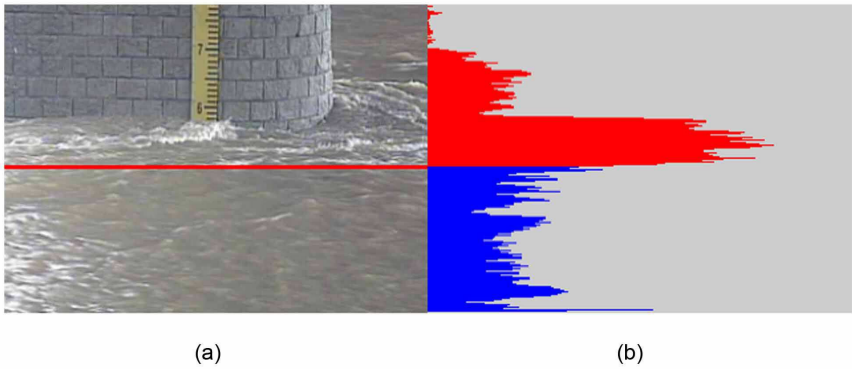
도면3



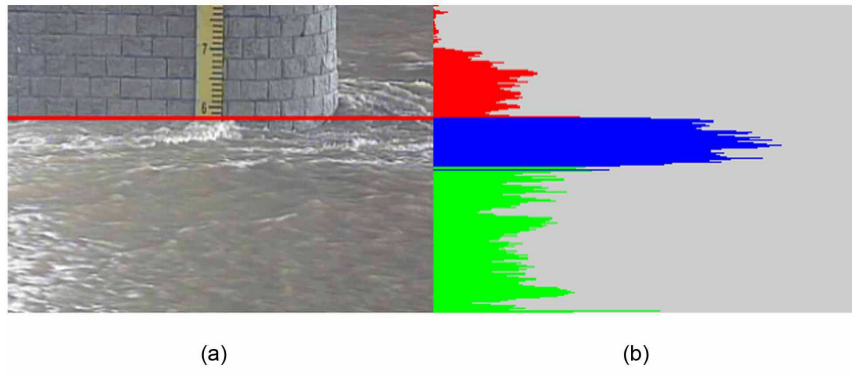
도면4



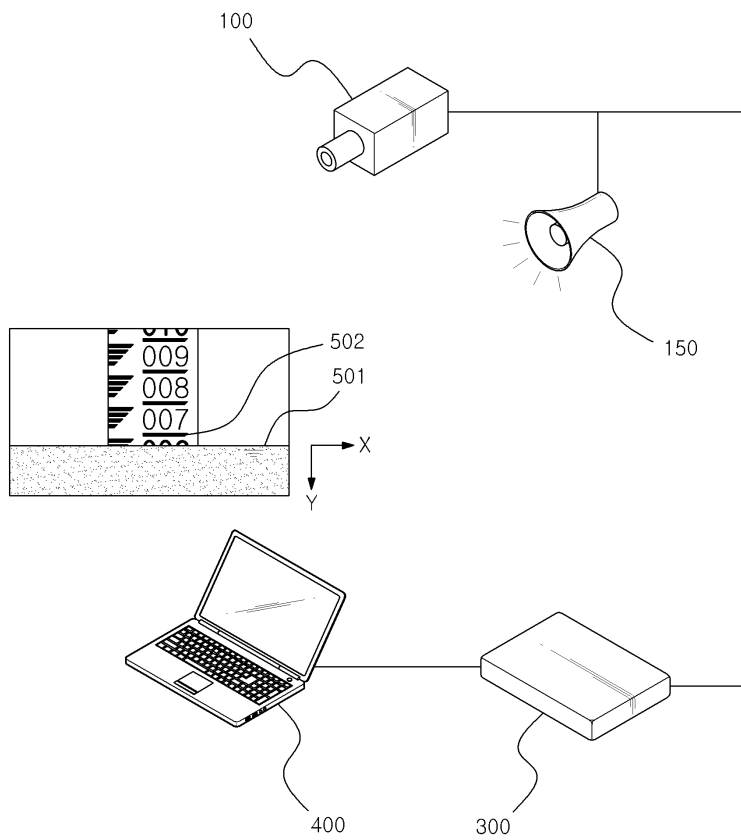
도면5



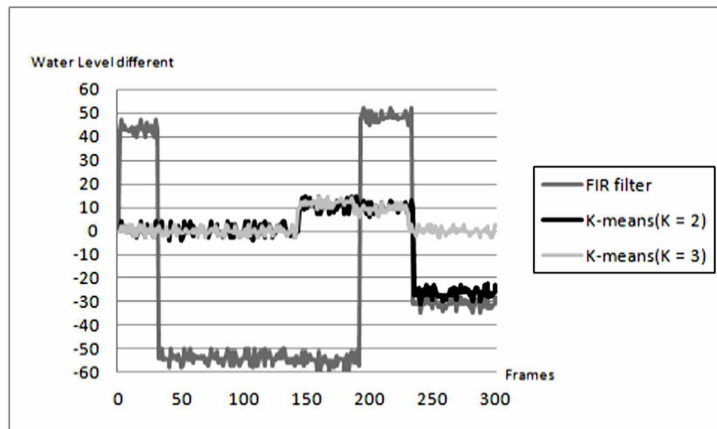
도면6



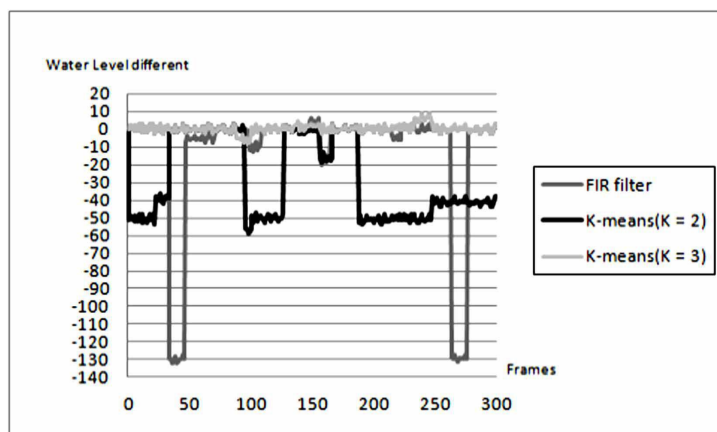
도면7



도면8



도면9



도면10

