

Implementation of an Automatic Observation System for Cloud Observations

Jung Jang Kwon *

Abstract

In this paper, we propose an efficient automatic observation system for cloud amount and height observations. Observation system consists of clouds observations machinery, operational programs, cloud amount extraction program, cloud height extraction program, expert support programs. The experiment was conducted at the Daegwallyeong and Busan, through experimental observation confirmed the usefulness of the proposed system.

▶ Keyword : Cloud, Amount, Height, Automatic system, Expert Systems

I. Introduction

구름은 하늘의 일기현상에서 매우 중요한 정보이고, 지구대기의 복사 및 기후등에 중요한 역할을 담당하고 있다. 현재 전 세계적으로 1만여 관측지점에서 3-6시간마다 사람이 육안으로 직접관측하여, 운량(구름의 양)과 구름의 운저(일정 시각에 구름이 존재하는 곳 중 높이가 가장 낮은 곳의 높이)값의 WMO-code 값을 세계기상기구(WMO)에 보고하고 있다.

그런데 목측(eye measurement)은 관측자에 따라서 관측값이 달라지는 문제점이 있으며, 정확한 구름관측 자료 DB를 구축하는데 어려움이 많고, 혹한기나, 혹서기 와 같은 여건이 어려운 경우와, 주야간 365일 일정한 시간에 지속적으로 관측하기에는 현실적인 어려움이 많다.

기존 연구중에 구름의 양만을 측정하는 장비가 있으나, 혹한기나, 야간, 우천시에 실제 현업에 적용하기에는 곤란한 상황이었다[1]. Fig. 1 은 하늘 영상을 획득할 수 있는 장비인 skyviewer 가 설치되어있는 그림과, 획득되어진 영상의 예이다. 카메라 렌즈가 항상 하늘을 향하여 열려있기 때문에 CCD 소자가 태양 빛에 장시간 노출되어질 경우 수명단축 및 손상의 우려가 있어서 태양부분을 가리는 검은 막대가 달려있다. 그래서 온전한 하늘 영상을 획득하기 어렵다. 또한 24시간 노출되어 있어서 외부의 오염요인에 대한 보호가 되지 않고, 더러워진 경우에도 자동세척을 할 수 있는 장치가 없다. 그리하여 연

구의 목적으로 사용할 수는 있으나 대부분 관측소가 무인 관측으로 진행되는 상황에서, 사람이 없는 무인관측이나, 폭설 폭우와 같은 상황 속에서도 동작이 되어야하는 현업에 적용하기에는 부적절하다. 그리고, 이 장비는 영상으로부터 운량을 측정하는 프로그램은 제공하지 않고 구매자가 프로그램을 개발 설치 하여 사용하여야 하는데, 밝기가 밝은 낮의 경우는 가능하나 어두운 야간의 경우는 적용하지 못하고 있다[2].



(a) skyviewer equipment



(b) captured image

Fig. 1. a image capture device

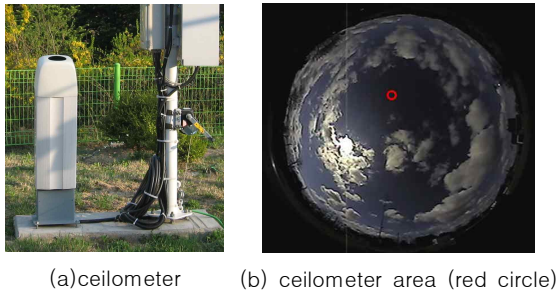
구름의 높이만을 측정하는 장비로는 Fig.2 의 (a)와 같이 레이저를 하늘(180도)의 한 지점을 향하여 발사한 후에, 반사하여 돌아오는 시간으로 높이를 측정하는 실로미터(ceilometer)를 가 있다. 이장비는 본래 공항이나 군부대에서 항공기의 비행 가능 여부를 확인하기 위한 목적으로 주로 사용

*First Author: Jung Jang Kwon, Corresponding Author: Jung Jang Kwon

*Jung Jang Kwon (jjkwon@ks.ac.kr), Dept. of Computer Engineering, Kyungsoong University

*Received: 2016. 01. 14, Revised: 2016. 01. 18, Accepted: 2016. 01. 29.

되어온 장비이다.



(a)ceilometer (b) ceilometer area (red circle)

Fig. 2. Cloud height measurement device using a laser

Fig.2 의 (b)에서 적색 원은 실로미터가 측정가능한 범위를 나타 낸 것인데, 5도 이내의 범위 내에서만 측정하는 것이다. 따라서 구름이 하늘영역 중에서 일부 영역에만 존재하는 상황에서는 구름이 존재하지 않는 곳을 레이저 빔이 발사하게 되면 구름이 없는 것으로 판정되는 문제점이 있다. 또한, 황사나 비가 오는 경우에 오작동을 하게 되는 문제점이 있다[3].

그리고 인공 위성을 이용하는 방법들 또한 연구되어 왔다. 그러나 지표에 쌓인 눈, 안개가 있는 지역은 단일 채널로는 이들을 구분하기 어렵다. 또 해상도가 넓어서 국지적인 운량 산출에 어렵고, 지표가 다양한 표면 상태로 인해 복잡한 반사도를 가지므로 오차가 크게 발생하는 단점이 있다. 이러한 문제점들로 인해 인공위성은 높은 활용도에도 불구하고 아직까지 구름을 탐지하는 일은 그 정확도와 해상도 부분에서 목측을 대신하기에는 불충분하다고 밝히고 있다[4-5].

그러므로 목측과 유사한 방식으로 측정하면서 폭설이 내리는 폭한기와 밤과 같은 사람이 근무하기 힘든 상황 속에서와 관측소에 사람이 근무하지 않는 무인 관측소가 늘어나고 있는 현재 상황에서 혹독한 환경에서도 동작하여 운량, 운저 등의 구름상태 정보를 자동으로 관측을 할 수 있는 자동화된 시스템을 구현하였으며 또한 개선하였다[6].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에 이어서 2장 본론에서는 구름상태 관측장치 및 운용프로그램을 소개하고 운량과 운고를 측정하는 방법을 설명한다. 또한 운형정보를 DB로 저장하고 초보자를 학습시킬수 있는 전문가 지원 프로그램에 대해서 기술한다. 3장 실험 결과 및 검토에서는 연구 결과 얻은 내용을 토론하며, 마지막 4장에서 결론 및 향후 연구방향에 대해 알아본다.

II. The Proposed System

Fig.3 은 구름상태관측시스템의 전체적인 구성을 보여주고 있다. 구름상태관측을 위한 기계장치와 운용프로그램, 영상처리 프로그램(운량추출,운고추출),전문가 지원 프로그램으로 구성되어 있다.

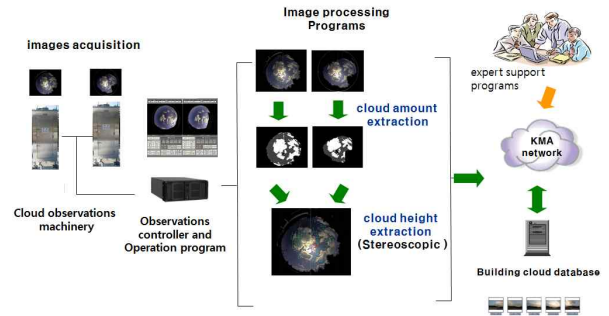


Fig. 3. Block diagram of Automatic Image Observation System for Cloud Observations

1. 구름상태 관측기계장치

Fig. 4 는 좌, 우 구름영상획득을 위해서 대관령에 설치된 2개의 기계장치 사진인데 폭설이 내렸을 때의 사진이다. Fig.5 과 Fig.6는 하늘의 구름정보를 자동 관측 하는 기계장치의 구성을 설명하는 그림이다. 폭염, 폭한, 눈, 비, 강풍, 황사 등의 상황에서도 현장 적용이 가능하도록, 카메라 보호 구조물, 세척장치, 건조장치, 환기장치, 온도제어 장치 등을 가지고 있다.



Fig.4. Installed machinery for cloud Observations

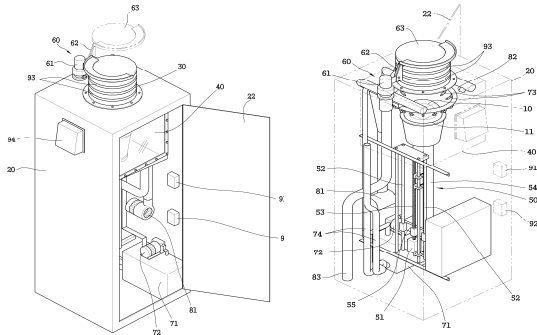


Fig.5. Internal Configuration of machinery for cloud Observations

투명커버(11)로 씌워져 구름상태를 관측하는 관측기(10)와, 천정에 관통홀을 지니면서 도어(22)가 달린 박스(20)와 관통홀(21)에 연통되면서 박스(20) 상부에 고정된 덕트(30)와, 관측기(10)를 수용함과 동시에 하부홀을 부여함과 동시에 그 내부에 패킹을 장착시켜 기밀성을 유지할 수 있도록 하였다. 그리고 하부홀(41)을 경유하여 관측기(10)를 덕트(30)로 승강시키는 승강기(50)와, 관측기(10)의 승강에 연동되어 덕트(30)를 개폐시키는 개폐기(60)가 있다.

관측기(10)가 하우징(40)에 수용됨과 동시에 승강기(50)에 의해 덕트(30)로 승강되면서 개폐기(60)의 개폐에 따라 외부로 노출되어 구름상태를 관측할 수 있도록 구성됨으로써, 비사용시에는 비나 눈 또는 외부의 분진이나 야생동물의 배설물로부터 안전하게 보호될 수 있고, 사용시에만 외부로 노출될 수 있게 되어, 구름상태의 정확한 관측은 물론이거니와 인위적인 세척을 하지 않아도 되어 사용상의 편리함을 증진시킬 수 있게 하였다.

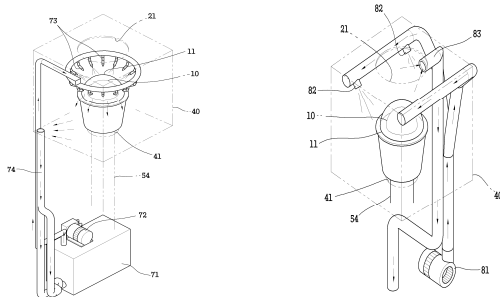


Fig.6. configuration for washing and drying

박스(20) 내부에 구비된 물탱크(71)와, 물탱크(71)로부터 물을 펌핑시키는 펌프(72)와, 승강기(50)에 의해 관측기(10)가 상승하면서 개폐기(60)를 열고 구름상태를 관측한 후 하강하여 개폐기(60)가 닫힐 경우 펌프(72)의 펌핑에 의한 물을 관측기(10)에 분무시키는 분무노즐(73)과, 하우징(40)의 하부에 연통

된 배수관로 물탱크(71)에 연결되어 필요시 재활용 할 수도 있도록 하였다.

박스(20) 내부에 구비된 송풍팬(81)과, 펌프(72)의 펌핑에 의한 분무노즐(73)의 분무가 완료될 경우 송풍팬(81)의 바람을 관측기(10)에 분사시키는 송풍노즐(82)과, 하우징(40)에 연통된 통풍관(83)이 있다.

펌프(72)의 펌핑에 의한 분무노즐(73)의 분무가 완료될 경우 물이 마르면서 얼룩이 질 수 있으므로 송풍팬(81)의 바람을 송풍노즐(82)을 통해 관측기(10)에 분사시키므로써 신속한 건조를 통한 그 청결상태를 유지하게 된다.

그리고, 박스(20) 내부의 온도를 5~40℃로 유지시키는 히터(91) 또는 에어컨센서(92)를 포함하여 하절기 및 동절기의 이상온도에 따른 장치 오동작을 미연에 방지할 수 있도록 하고, 특히 덕트(30)의 온도를 5~40℃로 유지시키는 히팅열선(93)을 포함시켜 동절기에 뚜껑(63)이 결빙되어 개폐불능이 되는 사태를 미연에 방지토록 할 수 있게 하였다.

또한, 박스(20)의 측면에 장착된 환기팬(94)을 더 포함시켜 자연 통풍에 의한 온도 조절을 가능케 할 수 있게 하였다.

상기 구성으로 이루어진 구름상태 자동 관측 기계장치의 동작을 설명하면 다음과 같다.

구름상태 자동 관측 장치는 유무선 제어는 물론이거니와 수동 및 자동 제어가 가능한 것으로, 먼저 구름상태를 관측하기 위하여 승강기(50)의 승강모터(51)가 정회전되면 롭스크류(53)가 함께 정회전되어 서포터(52)에 지지되고 있던 승강브래킷(55)을 상승시키게 되고, 이 승강브래킷(55)은 하우징(40)의 하부홀(41)을 경유하여 승강축(54)을 상승시켜 관측기(10)가 관통홀(21)을 통해 덕트(30)를 향하여 상승되도록 한다.

이후, 관측기(10)는 구름상태를 다양하게 촬영하여 데이터를 수집 및 유무선으로 전송한 후, 승강모터(51)가 역회전하여 롭스크류(53)가 함께 역회전되도록 함으로써 서포터(52)에 지지되고 있던 승강브래킷(55)을 하강시키게 되고, 이 승강브래킷(55)은 하우징(40)의 하부홀(41)을 경유하여 승강축(54)을 하강시켜 관측기(10)가 다시 하우징(40) 속으로 안착될 수 있도록 하고, 이와 동시에 개폐기(60)의 회전모터(61)가 정회전되어 로드(62)를 우회전시킴과 동시에 뚜껑(63)으로 하여금 덕트(30)를 슬라이딩 클로уз시켜 관측기(10)를 보호할 수 있도록 한다.

이어서, 펌프(72)가 구동되어 물탱크(71)로부터 물을 펌핑하여 분무노즐(73)을 통해 물을 관측기(10)의 투명커버(11)에 분사시켜 물 세척시키고[분무노즐(73)로부터 분무된 물은 자연스럽게 배수관(74)을 통해 배출되어진다], 물 세척이 완료되면 송풍팬(81)이 회전하여 송풍노즐(82)을 통해 고압의 에어를 커버에 집중시켜 신속하게 건조될 수 있도록 함으로써 관측기(10)의 청결상태를 즉각적으로 유지할 수 있게 한다.

2. 구름상태 관측기 운용 프로그램

프로그램은 구름 자동관측기를 자동 및 수동으로 제어하도

록 되어있고, 설정된 시간간격 마다 온도, 운량을 측정하여 데이터 베이스화 하도록 되어있다.

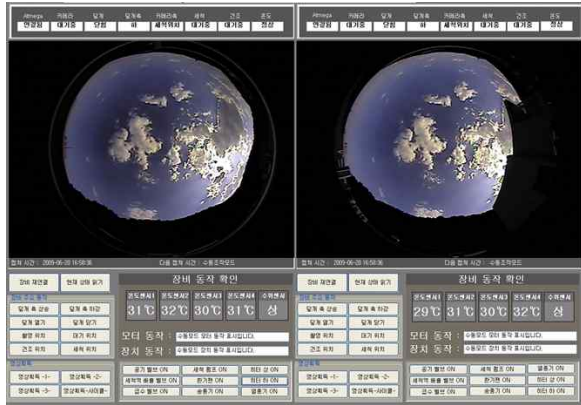


Fig. 7. operational programs

구름 상태를 촬영 후 촬영된 영상에 대한 운량, 운저 및 각종 상세 정보를 제공한다. 그리고 장비 내부와 내부 온도값을 측정하여 표시 한다.

Fig.7의 상단 부분에 영상획득관련 기계장치의 동작상태를 나타내고, 세척, 건조 여부와 온도제어 정상적으로 되고 있는지를 나타낸다.

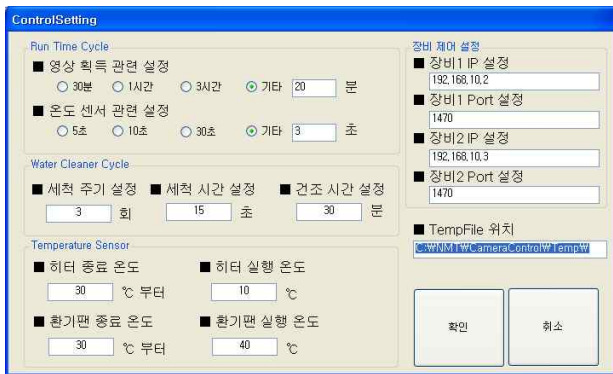


Fig. 8. The operating cycle and temperature control, cleaning control program

Fig.8에서는 그리고 영상획득관련 주기 관련 시간설정을 할 수 있도록 되어있고, 세척과 건조 주기 및 시간을 설정할 수 있도록 되어있으며 온도제어를 할 수 있는 히터와 팬의 동작 온도를 제어 할 수 있도록 되어있다.

3. 운량추출 알고리즘

운량 추출알고리즘은 Fig.9 와 같은데, 전처리과정에서 태양영역을 제거하였으며, 2차 우선 순위에 기반한 불확실 영역 화소들의 병합 하였고, 계층적 큐를 이용하여 구현 하였다. 야간시는 카메라 파라미터 제어 및 주변광량의 변화에 따른 다양한 명암정보를 사용하였다.

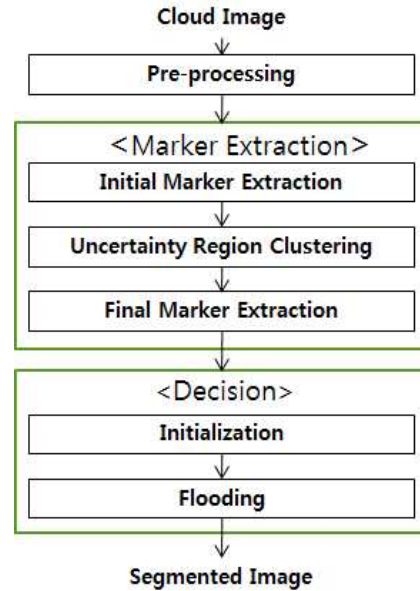


Fig. 9. cloud segmentation algorithm

영상에서 구름영역을 검출하는 것은 패턴인식의 한 종류로 볼 수 있으며, 지금까지 패턴인식에 관한 많은 알고리즘 연구와 시스템 개발이 있었지만 인간의 인식성능에는 근접하지 못하고 있다[7-8]. 영상에서의 구름영역 검출도 마찬가지로 인간은 쉽게 구별해 낼 수 있지만 패턴인식 알고리즘으로 접근하기에는 어려움이 따른다. 특히 구름과 하늘의 경계영역과 희미한 구름영역(앞으로 우리는 이를 통틀어 불확실영역이라 칭함)에서의 영상특성이 구름영역이나 하늘영역이나 유사하므로 이 영역들에서 정확한 검출 성능이 요구된다.

3.1 구름 영역 추출을 위한 특징 선정

하늘영역의 각 RGB성분 간의 오차 중 가장 큰 B-R을 특징으로 사용할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 하늘영역에서는 B-R이 큰 값을 갖는 반면, 구름영역에서는 B-R이 하늘영역에 비해 아주 작은 값을 가지므로 이 값을 구름영역을 검출하기 위한 하나의 특징으로 볼 수 있었다. Fig.10와 Fig.11은 RGB구름영상과 이를 B-R의 그레이 레벨로 변환한 영상 및 히스토그램을 각각 보여준다.

영상 특성 분석을 통하여 고정된 임계값으로 불확실 영역을 검출하는 것은 불가능하며, 영상 특성에 따라 임계값을 적응적으로 변화시켜야하는 것을 알 수 있었다. 또한 태양영역에서의 모호한 관정을 줄이기 위해 태양영역과 태양의 영향으로 생기는 잡음을 제거하고 구름영역을 추출한다. 태양영역의 제거는 영상에서 가장 밝은 연결된 영역으로 추출하며, 태양의 영향으로 생기는 잡음은 RGB 특성이 구름이나 하늘과 큰 차이를 보이는 영역을 제거한다.



Fig. 10. RGB image and gray image of B-R

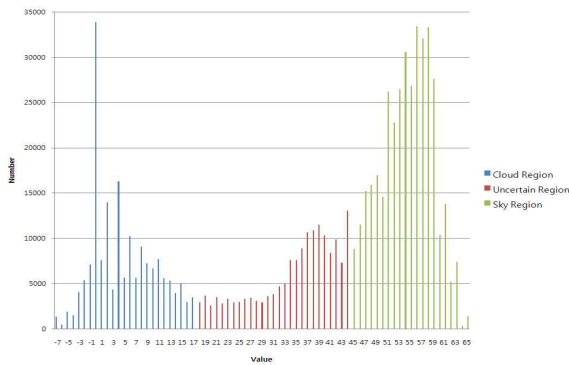


Fig.11. Histogram of B-R image

3.2. 분수령 알고리즘(Watershed Algorithm)

분수령 알고리즘은 마커(Marker)를 추출하는 단계와 마커 이외의 영역들의 영역을 분할하는 결정(Decision)단계로 나눌 수 있다. 구름영역 추출을 위해 적용된 분수령 알고리즘은 구름 영역 및 하늘영역에 대한 마커를 추출한 뒤, 마커에 포함되지 못한 불확실 영역의 화소들을 대상으로 영역을 할당하는 결정 과정이 수행된다[9].

결정 과정에서 우선권 계산은 인접 마커 영역의 평균 B-R값과 대상 화소의 B-R값의 차의 역수에 비례하도록 계산된다. 이때 동일한 마커 영역 내부라 하더라도 영역이 넓은 경우 B-R의 분산이 클 수 있으므로 대상 화소를 중심으로 하는 적당한 크기의 윈도우 내의 마커 화소들만을 이용하여 평균값을 계산한다. 이는 구름 또는 하늘 마커 영역이 넓게 분포되어 있는 경우 동일한 마커 영역에 포함된다 하더라도 태양 위치 등의 원인으로 인해 위치에 따라 B-R 분포의 차이가 발생할 수 있고, 따라서 전체 마커 영역의 평균값을 사용하여 우선권을 계산하게 되면 국부적 연속성을 제대로 반영하지 못해 영역 분할의 오류가 발생할 수 있기 때문이다. Fig.12 는 구름영역 추출을 위한 전체 순서도이다.

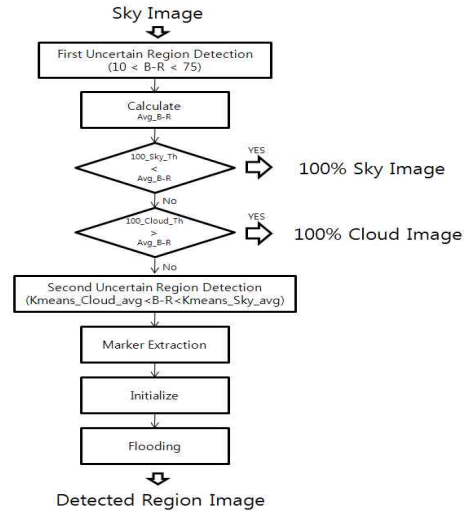


Fig. 12. Watershed Algorithm for cloud region extraction

Fig.13 은 주간에 구름 영역을 추출하는 과정을 나타낸 그림이다. 좌상에서 우하 순서대로 카메라로 촬영한 원영상, (B-R)영상, 마커추출결과, 최종분할 결과 영상을 의미한다.

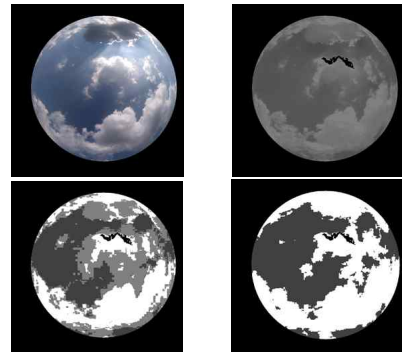


Fig. 13. Daylight clouds image and clouds region extraction results

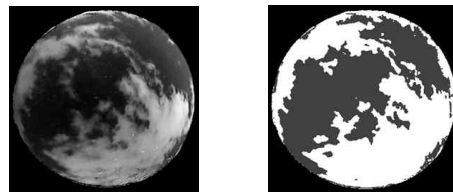


Fig. 14. Night clouds image and clouds region extraction results

Fig.14는 야간의 구름영역을 추출한 예를 나타낸다.

4. 운저추출 알고리즘

4.1 거리정보 추출 방법

운저추출알고리즘은 두 대의 카메라(Stereo Camera)를 가지고 한 지점의 목표물(구름)을 관측하여 거리를 측정하는 원리이며 이것은 사람이 물체에 대한 거리감을 측정할 수 있는 원

리로 설명될 수 있다.

사용한 카메라는 하늘 180도 전역을 촬영하기 위해 전방향 카메라(omnidirectional camera)를 사용하였다.

전방향 카메라 모델링은 Fig.15에 나타난 바와 같이 카메라 영상 평면 (camera image plane) 과 센서평면 (sensor plane) 으로 정의한다.

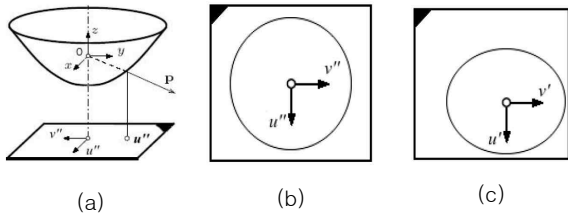


Fig. 15. (a) camera coordinate system (b) sensor plane (c) camera image plane

모든 좌표계는 거울의 중심에 있는 O를 기준으로 표현되며 z축은 센서 평면의 좌표축과 일치되어 있다고 가정하고, 카메라 교정 (cameracalibration)에 필요한 함수 들을 구할 수 있다.

그 후에 좌우에 대응하는 영상의 좌표점의 좌표를 찾으려면 구름의 높이를 계산할 수 있다[10-13].

Fig.16 은 시차와 운고와의 관계를 도식적으로 나타낸 것이다.

그림에서 h는 운저, B는 베이스라인에 해당되며, 좌우영상의 원점에서 대응점까지의 벡터를 d_L , d_R 라고 하자. 이때 시차 $d = d_L - d_R$ 로 표현할 수 있다.

이 때 시차의 크기와 운저 h와의 관계를 정리해보면 아래 식 (1)과 같이 나타난다.

$$|d| = \sqrt{d_x^2 + d_y^2} = f(h) \tag{식 1}$$

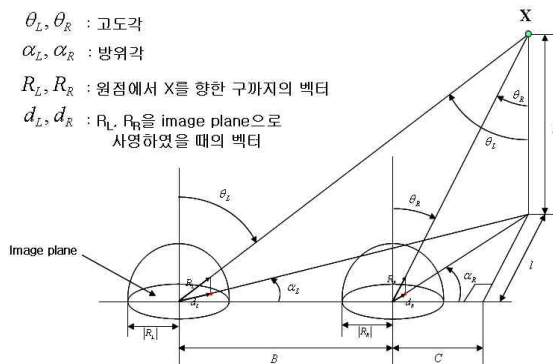


Fig. 16. Relationship between the disparity and the cloud height

여기서 $d = (d_x, d_y)$,

$$d_x = |R_R| \frac{\sqrt{C^2 + f^2}}{\sqrt{C^2 + f^2 + h^2}} \frac{C}{\sqrt{C^2 + f^2}} - |R_L| \frac{\sqrt{(B+C)^2 + f^2}}{\sqrt{(B+C)^2 + f^2 + h^2}} \frac{B+C}{\sqrt{(B+C)^2 + f^2}},$$

$$d_y = |R_R| \frac{\sqrt{C^2 + f^2}}{\sqrt{C^2 + f^2 + h^2}} \frac{l}{\sqrt{C^2 + f^2}} - |R_L| \frac{\sqrt{(B+C)^2 + f^2}}{\sqrt{(B+C)^2 + f^2 + h^2}} \frac{l}{\sqrt{(B+C)^2 + f^2}},$$

$$C = B \frac{\tan \alpha_L}{\tan \alpha_R - \tan \alpha_L}, \quad l = C \tan \alpha_R$$

4.2 운저 측정 알고리즘

거리정보 추출 방법을 이용하여 운고 측정 알고리즘을 Fig .17 과 같다 .

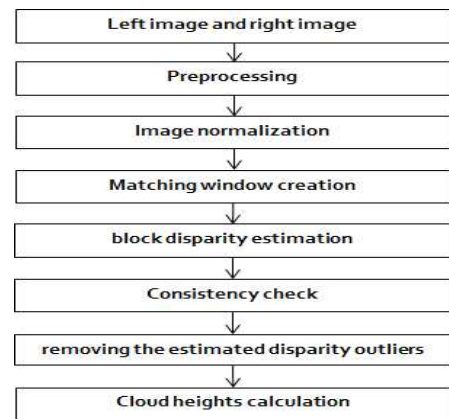


Fig. 17. Cloud height extraction algorithm

- 전처리과정에서는 입력된 영상의 잡음 제거를 위해 저대역 통과필터링을 수행한다.
- 영상정규화 : 좌우영상의 카메라 특성이 다름에 따라 영상의 반경, 원의 중심 위치가 다르게 나타나므로 이를 평행이동과 스케일링을 통해 중심과 스케일이 동일하도록 정규화하는 과정을 실행한다.
- 정합원도우 생성 : 좌우영상간의 시차를 구할 필요가 없거나 부정확하게 나올 수 있는 위치를 제거하는 단계로 볼 수 있다. 즉, 구름 및 하늘 영역이 아닌 영상의 가장자리에 나타나는 주변 구조물 등의 제거, 시차 추정이 부정확하게 나타나는 태양영역과 하늘영역을 제거하는 단계이다. 하늘 영역의 경우에는 운량 측정시 사용된 물체 분할 알고리즘을 사용하면 된다. 운량 측정 알고리즘이 부정확할 수 있으므로 하늘 영역의 제거는 선택사항으로 정하였다.
- 블록 단위 시차 추정 : 앞 단계에서 얻은 정합원도우를 이용하여 정합이 수행되어야 할 위치에 있는 블록들의 시차 추정을 수행한다. 여기서 epipolar line 상에 있는 위치와 계산될 운고가 현실성이 있는 대응점만을 대상으로 대응점 탐색을 수행함으로써 결과의 신뢰도를 높이고 계산량을 감소시킬 수 있다.
- 일관성 체크 : 좌측영상에서 우측영상에 대해 찾은 시차와 우측영상에서 좌측영상에 대해 찾은 시차가 서로 일관성이 있는 경우에만 시차로 사용하기 위한 부분이다.

- 추정된 시차의 아웃라이어 제거 : 추정된 시차가 다른 시차들과 많이 상이한 경우, 그 시차를 제거하는 과정이다.
- 운고 계산 : 최종적으로 얻어진 시차를 이용하여 운고를 계산하고, 이 단계에서도 마찬가지로 아웃라이어 제거가 수행된다. 최종적으로 얻어진 각 블록의 시차를 이용하여 운고를 계산한다.

Fig.18 은 구름의 높이 추출에 사용되어진 좌우 영상 예이고, Fig.19 는 정합이 이루어진 블록과 대응 블록을 나타낸 예이다.

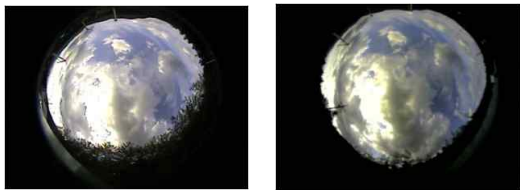


Fig. 18. Left and right images with the height extraction

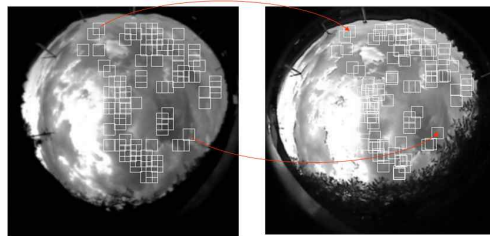


Fig. 19. Matching block and the corresponding blocks

5. 전문가 지원 프로그램

영상데이터를 이용하는 전문가 지원 시스템들은 사용목적 및 사용 환경에 따라서 다양한 형태로 구축될 수 있다[14-15]. 본 연구에서는 Fig.20 과 같은 구성을 가진다. 운량(구름의 양) 과 운저(구름의 높이) 뿐만 아니라 구름의 형태(운형) 또한 중요한 정보이다. 그런데 구름의 형태에 대한 판정은 기상전문가들 또한 고도의 훈련된 전문가가 되어야 판단할 수 있을 정도로 어렵다. 그래서 획득되어진 구름영상 및 운량 운고 정보로부터 추정되어진다.

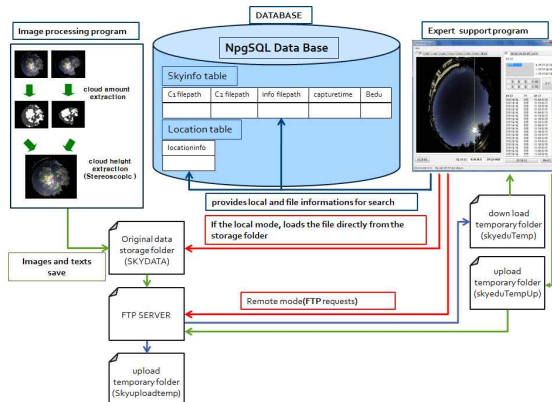


Fig. 20. Construction of expert support programs

영상처리 알고리즘이 수행이 되는 컴퓨터에 데이터베이스가 구축이 되며 FTP서버와 원본데이터 저장폴더, 업로드시 사용되는 임시 폴더를 가지게 된다. 영상처리 알고리즘을 수행(운량,운저 추출)후 영상 데이터와 구름 관련 정보를 가지는 텍스트 파일을 저장하게 되고 해당 영상데이터의 경로와 캡처시간 등을 DB에 등록하게 된다.

Local 모드의 경우는 메인PC자체에서 전문가 학습 프로그램을 실행 하는 것이므로 원본데이터 저장폴더(SKYDATA)에서 데이터를 사용하게 되며, 원격모드인 경우는 다른 일반 PC에서 메인 PC와 메인 DB에 접속을 하는 것이므로 DB검색후 FTP서버에서 데이터를 다운받아서 다운로드 임시폴더(skyeduTemp)에 저장을 하고 이 데이터를 이용하는 방식으로 동작한다.

이것은 검색을 통한 파일을 정보를 출력하고 이용하는 방식이며 이 데이터 들을 분석해서 전문가 또는 학습자의 의견을 남길때는 프로그램의 학습정보를 입력하는 곳에서 학습내용을 입력하면 메인 DB에 학습 내용이 있음을 등록하고, 메인PC의 업로드 임시폴더(SkyuploadTemp)에 저장을 하는 방식으로 시스템을 구성하였다.

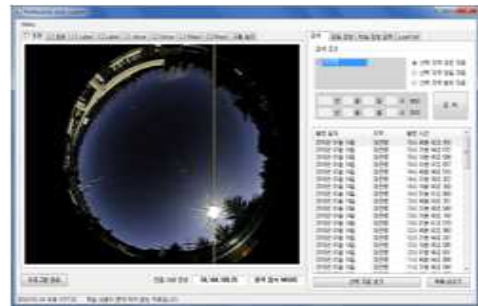


Fig. 21. Expert Support program execution image

Fig.21은 프로그램의 초기 실행화면 상태로 DB검색한 후 DB내의 현재 시간 까지 촬영이 된 모든 데이터들의 항목을 보여주는 리스트 화면이다. 리스트중 원하는 시간대의 파일을 선택하면 그 파일에 대한 정보를 볼수 있으면 전문가가 구름의 운량에 대한 정보 뿐만 아니라, 구름의 형태 의견을 남길수도 있고 학습자의 입장에서 교육을 받을 수도 있다.

전문가 학습 프로그램은 실시간적인 데이터를 분석하는 것이 아니라 영상처리 알고리즘 수행 후 저장된 모든 구름 영상 데이터를 분석하는 것이다.

그래서 앞서 설명한 바와 같이 데이터베이스를 이용하며 저장된 데이터들을 통하여 전문가적인 구름의 분석과 파일정보를 통하여 보다 많은 지식을 공유하고 많은 정보를 제공하기 위한 프로그램이다.

Fig.22는 전체 동작 흐름도를 나타낸 것으로 프로그램이 시작 되면 DB를 검색하여 파일리스트가 생성이 되며 파일리스트 중 파일을 선택하면 DB에 기록된 경로를 통하여 파일정보 탭으로 이동되어 기본 정보(운량, 운고)와 운고 맵 영상을 제외한

영상을 확인할 수 있으며, 상위의 5개 탭들을 원하는 조건에 따라 선택하여 얻고자 하는 정보를 얻을 수 있다.

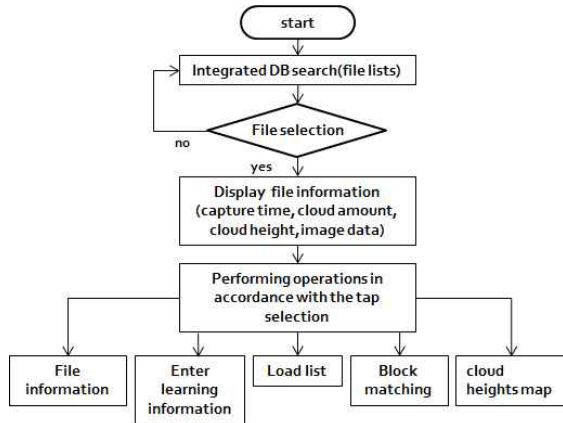


Fig. 22. Operating procedure of expert learning program

파일 정보 탭은 기본정보를 제공하고, 운고맵 탭은 운고를 획득시 구름영상의 좌표를 획득하여 높이에 따라 다른 색으로 점을 나타내어주며 기본 정보 이외에 WMO-code와 최소, 최대, 평균의 세분화된 정보를 제공하고 높이 데이터를 원하는 pixel수에 따라 조정가능하며 실로미터 좌표의 위치를 나타내어주는 종합적인 데이터를 제공하여 준다.

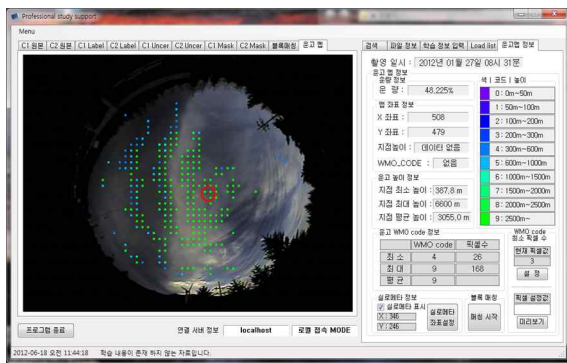


Fig. 23. Map of cloud heights



Fig.24. WMO code value and ceilometer coordinate set

Fig.23은 구름의 높이를 WMO-code 값에 따른 색으로 표시한 것으로 최대값과 최소값을 나타내고 mouse 를 구름의 위치에 이동하면 그위치 구름의 WMO-code 값과 pixel의 수를 나타내도록 되어있다. 그리고 Fig.24은 프로그램에 의해서 운저값을 자동으로 설정하는 것 외에, 구름의 영역중에서 신뢰성이 높은 영역의 값으로 운저를 전문가가 결정 할수 있도록 하였다.

Fig. 25와 같이 블록매칭 탭은 블록단위로 좌 우 영상의 매칭이 이루어진 상태와 적절성을 확인할 수 있다.

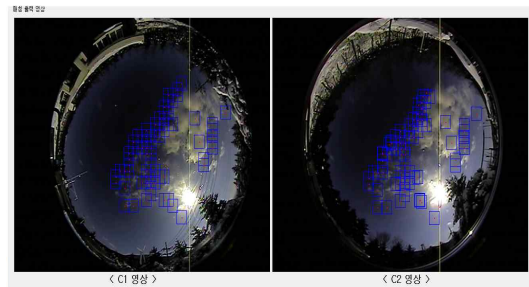


Fig.25. Images after the block matching

학습정보 입력 탭은 전문가와 학습자가 영상과 정보 분석후 생각들을 공유 할수 있도록 의견을 작성하도록 한다.

III. Results and Discussion

실험은 2009년부터 2013년까지 대관령과 문산 지역에 설치 되어, 폭한기 및 혹서기 폭설 및 비가 올 때도 실험하였다. 눈이 오거나 비가 많이 오는 경우에도 동작하는 것을 확인하였다. 사용한 카메라는 SHC-745카메라와 FUJINON FISHEYE 렌즈를 사용하였다. Table.1 은 낮의 경우는 구름이 없을 때 부터 구름이 100% 일 때 까지 500회 실시 하였고, 밤의 경우에는 400회 실시한 결과를 나타내었다

Table 1. Results of cloud segmentation

cloud rate	Day	Night
	Success Rate(%)	Success Rate(%)
Less than 30%	84	82
30%~70%	87	81
70% ~ 100%	85	83
100%	81	82
total	84	82

운저 측정 실험은 대관령기상대와 부산에서 실시되었는데, 목적결과와 비교하였다. 그리고 사람의 경험에 따라서 다르게 판정하는 현상이 있어서 구름 높이에 대한 값은 실로미터와

비교하였다. 실로미터는 하늘영역 180도 중에서 약 5도 영역내의 한곳 만을 확인 할 수밖에 없는 이유로, 하늘 영상중 구름이 일부만 있는 경우에 운저를 측정할 수 없는 경우가 많이 발생하였다. 그리고 열은 구름이 실제로 존재하나 실로미터로 측정되지 않는 경우도 다수 존재하였으며, 실로미터 상공에 구름이 있어야 하고 구름의 층이 두꺼워야 측정 가능하였다.

그리고, 현재 WMO 기준으로는 비가 오는 경우에 눈 또는 비로 기록하고 보고를 하도록 되어있어서 구름의 높이를 측정하는 경우는 무의미하지만, 적용을 해보았다.

강수 시에 적용해보면 카메라 덮개에 맺힌 빗방울과 구름이 라기 보다는 수증기 수준의 구름으로 인하여 대응점 추출이 부정확하여 운고가 정확하지 않은 것으로 판단되었다.

그렇지만 실로미터로 운저가 측정되어지는 경우만 비교 하였을 때에 대관령에서 114회, 부산지역 92회 실시를 하여 실로미터의 높이 값과 20% 오차안에 드는 경우가 83% 였으며, WMO CODE 와 비교한 경우는 91% 의 정확도를 보였다.

IV. Conclusions

혹한기 및 혹서기, 그리고 폭설 및 비가 올 때도 실험을 통하여 구름 상태 자동 관측시스템의 유용성을 확인할 수 있었다. 구현된 시스템을 이용하여 구름 영상 데이터베이스가 충분히 구축될 수 있음을 확인하였고, 시간이 충분히 흐른다면 구름연구에 필요한 데이터를 확보할 수 있을 것으로 추정된다.

그리고, 운고 추정시간이 약 20초 정도로서 동일시간대에 다수의 영상을 획득하고 운고 측정을 하는 방법을 도입하여, 중간값을 취하는 방법으로 개선한다면 보다 신뢰성이 높은 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

지금은 사람이 전혀 관리하지 않는 경우를 가정하여 관측기 계장치가 설계되었는데, 사람이 1달에 1번 정도 관리를 하는 방법을 도입한다면 물로 세척하는 방법대신 바람으로 먼지를 날리는 방법을 사용 할 수 있을 것으로 생각되어, 크기 및 비용을 줄이는 방법이 가능 할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] Yun Mi Kim, Jhoon Kim and Hi Ku Cho, "Development of Objective Algorithm for Cloudiness using All-Sky Digital Camera", Atmosphere vol 18, no.1, pp.1-14, March 2008
- [2] Bu-Yo Kim, Joon-Bum Jee, Myeong-Jae Jeong, Il-Sung Zo, and Kyu-Tae Lee, "Estimation of Total Cloud Amount from Skyviewer Image Data", J. Korean Earth Sci. Soc., vol.36, no.4, pp.330-340, August 2015
- [3] Min Hyeok Choe, Mun Su Park, "Urban Atmospheric Boundary Layer Height Determination and Analysis by Aerosol Lidar and Ceilometer". Proceedings of the 57th KOSAE, pp.95-95, 2014
- [4] Sutter, Marcel, Bruno Dürr, and Rolf Philipona. "Comparison of two radiation algorithms for surface-based cloud-free sky detection." Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984-2012) vol.109, pp. D17202.1-D17202.7, 2004
- [5] Ik-Hyun Lee, Doo-Chun Choi, Tae-Sun Choi, "Improvement of Registration Accuracy for Satellite Image using Segmentation of Cloud Area and Elimination of Outlier", Proceedings of IEIE pp.517-520, 2011
- [6] Jung Jang Kwon etc, "Study on automatic sky observation system development", Proceedings of Autumn Meeting of KMS, pp. 412-413, Oct. 2009.
- [7] Earl Gose etc, "Pattern Recognition and Image", Prentice Hall Pub, pp.213-214, 1997
- [8] S. Haykin, "Neural networks a comprehensive foundation", Prentice Hall Pub, pp.413-499, 1999
- [9] L. Vincent and P. Soille, "Watershed in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 13, no. 6, pp. 583-598, June 1991
- [10] Lee Kang-San, Jeon Joo-Il, Kang Hyun-Soo, "Camera Parameter Extraction For Long Distance Estimation Using Omnidirectional Camera", Proceedings of the Korean Society of Broadcast Engineers Conference, pp.227-230, Nov. 2009
- [11] B.Micusik, T.Pajdla., "Paracatadioptric Camera Auto-calibration from Epipolar Geometry". ACCV vol.2, pp.748-753, Jan. 2004
- [12] J. Kumler and M. Bauer., "Fisheye lens designs and their relative performance" International Symposium on Optical Science and Technology. International Society for Optics and Photonics, pp. 360-369, Oct. 2000
- [13] B.Micusik, D.Martinec, and T.Pajdla. "3D Metric Reconstruction from Uncalibrated Omnidirectional Images". ACCV'04, pp.545-550, Jan. 2004
- [14] Hyun-Sook Rhee, "An Intelligent Agent System using Multi-View Information Fusion" Journal of The Korea Society of Computer and Information Vol. 19,

No. 12, pp.11-19, December 2014

- [15] Ho Seok Moon, Myung Ho Sohn, "Developing Expert System for Recovering the Original Form of Ancient Relics Based on Computer Graphics and Image Processing" Journal of The Korea Society of Computer and Information Vol. 11, No. 6, pp.269-277, December 2006

Authors



Jung Jang Kwon received the B.E. degrees in Electronic Engineering from Pusan University, Korea, in 1985.

M.S. and Ph.D. degrees in Electrical Engineering from KAIST, Korea, in 1987 and 1993, respectively.

Dr. Kwon joined the faculty of the Department of Computer Engineering at Kyungshung University, Pusan, Korea, in 1993. He is currently a Professor in the Department of Computer Engineering, Kyungshung University. He is interested in IT convergence, image processing, and embedded systems.