
조위관측기록지 이미지에서 그래프 영역 검출 기법

유영중* · 김영주** · 박성호***

The Detection Scheme of Graph Area from Sea Level Measurements Recording Paper Images

Young-jung Yu* · young-ju Kim** · Seong-ho Park**

요 약

본 논문에서는 수작업을 최소화하면서 조위 기록지로부터 조위 기록 그래프를 추출하는 방법을 제안한다. 사용자가 그래프 상의 하나의 픽셀을 선택하면, 선택된 픽셀과 나머지 픽셀들과의 LAB 색상 공간상에서의 관계를 이용해 자동으로 대부분의 배경 픽셀들을 결정한다. 배경 픽셀들이 결정되면, 각 세로줄에서 그래프 영역으로 판단되는 한 개의 픽셀을 추출하고, 이 픽셀을 시작 위치로 하여 나머지 그래프 영역을 추출한다. 실험 결과는 다양한 종류의 조위 기록지로부터 최소한의 수작업만으로 조위 기록 그래프 영역을 검출할 수 있음을 보여준다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the method that extracts sea level measurements graph from the sea level measurements recording paper image with a little interaction. At first, a pixel that is included in the graph area is selected. Then, background pixels are automatically determined using the distance between a selected pixel and other pixels on LAB color space. In each vertical line, a pixel that is the nearest to the selected pixel on LAB color space is extracted and the graph area is determined using that pixels. Experimental results show that the sea level measurements graph can be extracted with a few interaction from the various sea level measurements recording paper images.

키워드

조위관측기록 디지털화, 그래프 영역 추출, LAB 컬러

Key word

Sea Level Record Digitizing, Graph Area Extraction, LAB color

* 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 교수

** 신라대학교 컴퓨터교육과 교수

*** 부산대학교 정보전산원 교수 (교신저자, shpark@pusan.ac.kr)

접수일자 : 2010. 09. 07

심사완료일자 : 2010. 10. 22

I. 서 론

국립해양조사원은 1950년대로부터 오늘에 이르기까지 매일 연안 해수면의 변화를 조위 관측 기록지에 기록하여 보관하고 있다. 이러한 조위관측기록은 아날로그 형식으로 국립해양조사원의 문서보관소에 보관되어 있어 조위관측기록을 이용하고자하는 사용자들이 조위관측 기록을 사용하는데 매우 제한적이며, 장기간 보관으로 기록지가 훼손되거나 열화현상이 발생하고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 조위관측기록지에서 조위관측 그래프를 디지털 값으로 변경하여 데이터베이스화하는 요구가 발생하였다. 그러나 수많은 검토소에서 수십 년에 걸쳐 축적된 조위관측기록지에서 조위 데이터를 추출하는 작업은 매우 많은 노동력을 요구한다. 그러므로 컴퓨터를 이용한 이미지 처리를 통해 조위관측기록지 이미지에서 조위 데이터를 자동으로 추출하는 시스템의 개발이 요구된다.

그러나 대부분의 조위관측기록지는 [그림 1]과 같이 기록 당시의 잉크 상태 및 관리 상태에 따라 다양한 훼손 및 번짐/탈색 등의 열화가 발생하여 알려진 이미지 처리 기법으로는 조위관측 그래프 영역을 적절하게 검출하지 못한다. 조위관측기록지 이미지로부터 그래프 영역을 추출하는 문제는 임의의 이미지로부터 내부에 포함된 임의의 객체를 추출하는 문제로 볼 수 있으나, 이미지에 포함되는 객체는 유사한 색상들만을 포함하는 경우도 있지만 다양한 색상으로 구성되는 경우도 많이 있으며, 복잡한 배경에 객체가 포함되는 경우 객체 영역을 판단하는 것은 어려운 문제이다. 이런 경우 자동으로 조위 데이터를 추출하기 위해서 검출되지 못한 그래프 영역을 수작업을 통해 추출하는 작업을 수행하여야 한다.

본 논문에서는 수작업을 최소화하면서 조위관측기록지 이미지로부터 조위 기록 그래프 영역을 검출하는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 사용자가 그래프 상의 하나의 픽셀을 선택하면, 선택된 픽셀과 나머지 픽셀들과의 LAB 색상 공간상에서의 관계를 이용해 자동으로 그래프 영역을 검출한다. LAB 색상 모델을 사용하는 이유는, 다른 색상 모델에 비해 LAB 색상 모델에서 두 색상 사이의 유클리드(Euclidean)거리가 사람이 인지하는 색상 차와 가장 유사하기 때문이며[10], 다른 색상 모델과

의 비교는 [7]에서 확인할 수 있다.

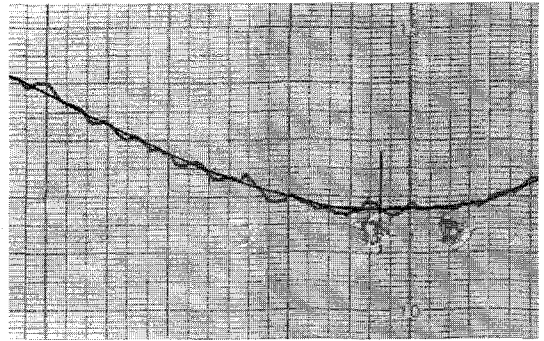


그림 1. 조위관측기록지 예
Fig 1. a sea level measurements recording paper example

논문의 구조는 다음과 같다. 2장에서는 이미지로부터 객체 추출과 관련된 연구를 소개하고, 3장에서는 수작업을 최소화하면서 조위 기록지로부터 그래프를 추출하는 과정을 설명한다. 4장에서는 다양한 종류의 조위 기록지에 대한 실험 결과와 함께 본 연구의 장단점에 관해 토의하고 5장에서 결론을 내린다.

II. 관련 연구

현재 보관되고 있는 조위 관측 기록지는 각 장이 하루 24시간의 기록을 저장하고 있으며, 관측소와 기록 연도에 따라 다양한 크기와 모양의 기록지를 사용해 왔다. 이와 같이 다양한 종류의 조위 관측 기록지에 기록되어 있는 조위 기록을 디지털화하는 시스템에 관한 연구가 진행되었다[1]. 조위관측기록지를 디지털화하는 전체 과정은 스캐닝, 정규화, 그래프 추출, 독취, 검수로 이루어진다. 그러나 훼손이나 열화가 발생한 이미지에서 그래프를 추출하는 과정은 여전히 많은 수작업을 요구하고 있다.

Huang 등[2,3]은 이미지의 전경과 배경을 분리하는 방법을 제안했다. 이들의 방법은 배경이 복잡하지 않은 경우 사용할 수 있으나, 변화가 심한 배경으로부터 전경 영역을 추출하기에는 어려운 점이 있다. Lu와 Guo[4]도 배경 영역을 제거하기 위한 방법을 제안했지만, 복잡한 배경을 가지는 이미지에서 일부 배경 영역만이 제거되고

배경에 포함되는 많은 영역들이 남는 문제가 있다. Cheng등[5]은 사진에 주어진 객체 정보를 이용하여 입력 이미지를 분할하고 유사한 주어진 정보와 유사한 영역을 찾는 방법을 제안했다. 이들이 제안한 방법은 사진에 객체에 관한 정보가 주어질 경우만 사용할 수 있다는 단점이 있다. 김성영등[6]은 칼라 이미지에서 자동으로 객체를 추출하는 방법을 제안했다. 이들이 제안한 방법에서는 추출하고자 하는 객체가 이미지의 중심 부근에 존재하고, 이미지에서 많은 영역을 차지한다는 가정하에 영상 분할 및 계층적 영상 병합을 사용해 자동으로 객체를 추출했다.

그러나 본 연구의 대상인 조위 기록지상의 그래프는 이미지의 임의의 위치에 놓여질 수 있고, 이미지내의 적은 영역을 차지하기 때문에 이 방법을 적용하기는 어렵다. Gerald등[7,8,9]은 사용자와의 상호작용을 통해 객체를 추출하는 방법을 제안했다. 사용자가 배경 일부를 포함한 추출할 객체 전 영역을 지정하고, 객체 내부로 판단되는 일부 영역을 지정하면 배경과 전경에 포함되는 대표 색상을 계산한다. 다음으로 이전에 지정된 영역에 포함된 각 픽셀에 대해 계산된 배경과 전경 대표 색상과의 관계를 고려해 객체를 추출하는 방법이다. 이들의 방법이 임의의 이미지에 대해 좋은 결과를 보여주지만 추출할 객체 전 영역을 사용자가 지정해야 하는 번거로움이 있어, 수작업을 최소화하는 본 연구에는 적합하지 않다.

본 연구에서는 사용자가 조위 기록지내의 그래프 영역으로 판단되는 임의의 픽셀 한 개만 지정하면, 그래프를 추출하는 나머지 작업을 자동으로 진행함으로써 수작업을 최소화하고 정확한 그래프 영역을 추출하기 위한 방법을 제안한다.

III. 그래프 영역 검출

조위 기록지로부터 그래프를 추출하는 과정은 [그림 2]와 같이 4단계로 구성된다. 먼저 조위 기록지에서 배경으로 간주되는 픽셀들을 자동으로 추출한다. 다음으로 사용자가 한 개의 전경 픽셀을 선택하면, 배경이 아닌 픽셀들 중 일부를 전경 픽셀과의 관계를 통해 배경 픽셀로 편입한다. 배경 픽셀들이 결정되고 난 후, 조위 기록지의 각 세로줄에서 전경 픽셀로 간주되는 한 개의 픽셀

을 자동으로 선택하고, 마지막으로 그래프 영역을 추출한다.

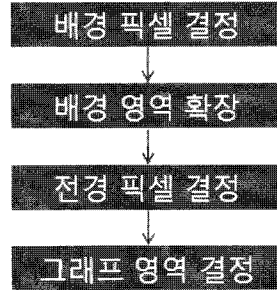


그림 2. 그래프 추출 과정
Fig 2. graph extraction process

3.1 초기 배경 픽셀 추출

조위 기록지내에 포함되는 그래프 영역은 전체 이미지에서 매우 적은 영역을 차지하며 좌측에서 우측으로 이어진다. 또한 그래프에 포함되는 색상은 단일 색상으로 기록지 자체의 보관 상태나 스캐닝의 정확도 여부에 따라 색상 분포가 좌우된다. 본 연구에서는 그래프 영역에 포함되는 것으로 간주되는 하나의 픽셀을 사용자가 선택하고 기록지내의 나머지 그래프 영역을 자동으로 추출한다.

먼저 입력되는 이미지내의 RGB 색상 모델을 인지 색상 모델인 LAB 색상 모델로 변환한다. 다음으로 LAB 색상 모델의 L(0~100), A(-128~+127), B(-128~+127) 각각을 하나의 차원으로 가지는 3차원 모델을 구성하고, 변의 길이가 1인 영역으로 세분화한 후 나누어진 각 영역이 이미지내의 픽셀들을 얼마나 포함하는지 여부를 계산한다. 이 때 나누어진 각 영역을 LAB_k 라 하고, $0 \leq k < 256 * 256 * 101$ 이 된다. 조위 기록지는 배경 영역이 거의 대부분을 차지하기 때문에, LAB 모델의 각 색상 영역을 포함한 픽셀들의 수에 따라 내림차순으로 정렬하고 다음 식(1)을 만족하는 LAB_k 에 포함되는 픽셀들을 배경 픽셀로 간주한다.

$$\frac{\sum_{k=1}^N NP(LAB_k)}{M} \geq \alpha \quad (1)$$

식(1)에서, $M(\text{width} \times \text{height})$ 은 이미지의 전체 픽셀 수이고, $NP(LAB_k)$ 는 정렬된 LAB 색상 모델에서 k번째 색상 영역에 포함되는 픽셀들의 수를 의미하며, α 는 임계값으로 본 연구에서는 0.5를 사용한다. α 의 값을 0.5로 할 경우 위 식을 만족하는 픽셀들은 [그림 3]과 같이 그래프내의 픽셀들을 포함하지 않는 배경 픽셀들로 채워진다. [그림 3]에서 녹색은 결정된 배경 픽셀을 나타내고, 나머지는 아직 결정되지 않은 픽셀들의 의미한다. 조위 기록지는 배경 픽셀들이 거의 대부분을 차지한다고 볼 수 있기 때문에 $\alpha = 0.5$ 의 값을 사용하는 경우 그 그래프 영역의 픽셀들이 배경 픽셀들로 결정되기는 매우 어렵다고 할 수 있다.

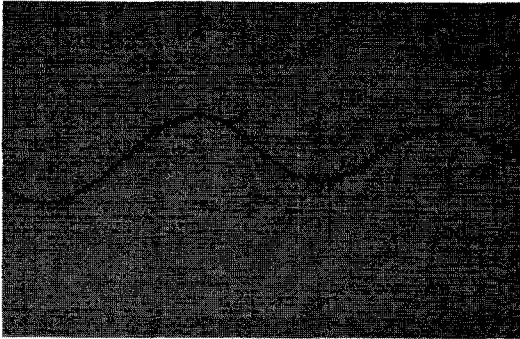


그림 3. 배경 픽셀들
Fig 3. background pixels

3.2 배경 영역 확장

[그림 3]에서 보는 바와 같이 그래프상의 픽셀들을 제외한 많은 픽셀들이 배경 픽셀들로 결정되었지만, 아직 결정되지 않은 많은 배경 픽셀들이 남아있으며 그 그래프 추출을 어렵게 하는 요소가 된다. 결정되지 않은 픽셀들의 배경 픽셀 여부를 결정하기 위해 사용자가 선택한 전경 픽셀과 이미 결정된 배경 픽셀들 사이의 LAB 색상 모델 상의 최소 거리를 사용하여 다음 식과 같이 아직 결정되지 않은 픽셀들의 배경 여부를 다시 결정한다.

$$\frac{Dist(LAB(p_k), LAB(p_f))}{MinDist(LAB(p_{b1}), \dots, LAB(p_{bm}), LAB(p_f))} \geq \beta \quad (2)$$

식(2)에서 p_f 는 사용자가 선택한 전경 픽셀을, $\{p_{b1}, \dots, p_{bm}\}$ 는 이전 과정에서 결정된 배경 픽셀들을 의미하며, $LAB(p_{bi})$ 와 $LAB(p_f)$ 는 각각 배경 픽셀과 사용자가 선택한 전경 픽셀의 3차원 LAB 색상 모델에서의 위치를, $LAB(p_k)$ 는 아직 결정되지 않은 픽셀의 LAB 색상 모델에서의 위치를 나타낸다. $Dist()$ 는 3차원 LAB 색상 모델에서 두 색상 값들의 유클리드거리를 의미하고, $MinDist()$ 는 배경 픽셀들과 전경 픽셀 사이의 최소 거리를 의미한다. β 는 각 픽셀의 배경 픽셀 여부를 결정하는 경계 값이다. 여기서는 $\beta = 0.7$ 을 사용한다. [그림 4]는 위 식을 적용한 결과 그림이다. 이전에 결정되지 않았던 대부분의 배경 픽셀들이 배경으로 결정되고 그래프 영역의 대부분의 픽셀들이 아직 결정되지 않은 채로 남아 있는 것을 볼 수 있다.

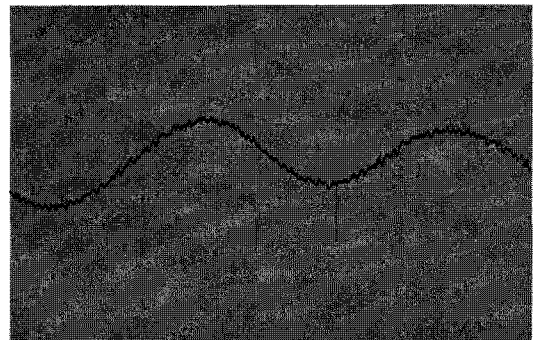


그림 4. 전경 픽셀을 이용한 배경 픽셀 결정
Fig 4. the determination of background pixels using foreground pixels

위 방법으로 대부분의 배경 픽셀들을 결정할 수 있지만 모든 배경 픽셀들을 결정할 수 있는 것은 아니다. 그러나 위 과정을 통해 대부분의 배경 픽셀들이 결정되었기 때문에 결정되지 않은 픽셀들은 그래프 추출에 크게 영향을 미치지 못한다.

3.3 전경 픽셀 선택

다음 과정에서는 그래프를 추출하기 위해 이미지의 각 세로줄에서 배경으로 결정되지 않은 픽셀들 중 다음 식과 같이 사용자에게 의해 선택된 픽셀과 LAB 색상 모델 상에서 가장 인접한 하나의 픽셀을 선택한다.

$$MinDist(LAB(p_{ki}), LAB(p_f)) \quad (3)$$

식(3)에서 $LAB(p_{ki})$ 는 k 번째 세로줄에서의 i 번째 픽셀의 LAB 색상 모델에서의 위치를 의미하고, $LAB(p_f)$ 는 사용자가 선택한 픽셀의 LAB 색상 모델에서의 위치이다. 위 식을 사용해 선택되는 픽셀들은 대부분의 경우 그래프위에 존재하게 되며, 그래프 추출을 위한 초기 위치로 사용된다.

3.4 그래프 영역 결정

이미지내의 각 세로줄에서 선택된 픽셀들은 그래프 추출을 위한 중심 픽셀의 역할을 한다. 각 세로줄에서 선택된 픽셀 p_{ij} 의 이미지내의 위치가 i 행 j 열이라고 하면, j 열에서 i 행의 위쪽과 아래쪽 방향으로 배경 픽셀을 만날 때까지 진행하고, 배경 픽셀을 만나기 직전의 픽셀들을 j 열에서의 그래프 상하 위치로 결정한다.

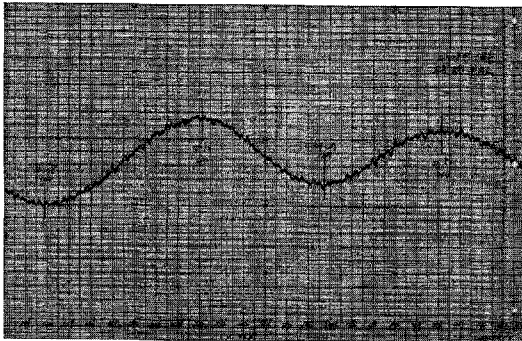
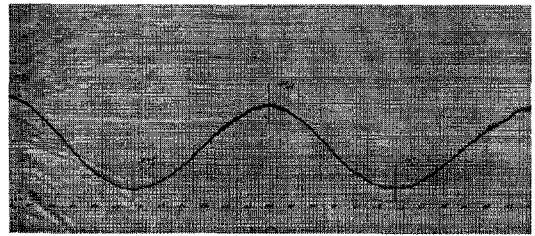


그림 5. 그래프 추출 결과
Fig 5. a graph extracton result

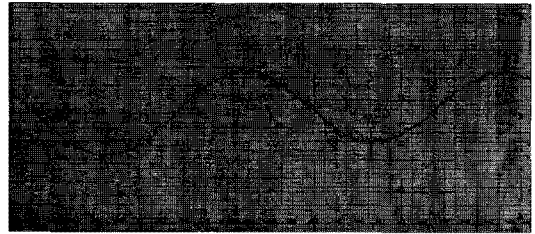
[그림 5]는 제안한 알고리즘을 사용해 추출된 결과 그림이다. 그림에서 파란색 선이 추출된 결과 그래프이며, 그래프 픽셀에 대한 사용자의 단 한 번의 선택으로 수작업을 최소화하여 조위 기록지로부터 그래프를 추출할 수 있음을 보여준다.

IV. 실험결과 분석

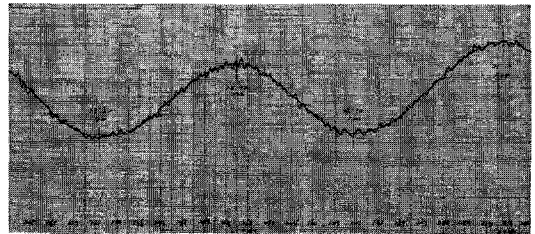
본 연구의 실험은 Pentium 4 Core 2 Duo CPU, 3GHz, 3.48GB RAM의 사양을 가진 PC에서 이루어졌다. 최초 이미지 로드시에 RGB 색상 모드를 LAB 색상 모드로 변환하고 분석하는 과정에서 다소 시간이 걸리지만, 그래프 추출 결과는 사용자의 마우스 입력 후 즉시 확인할 수 있다.



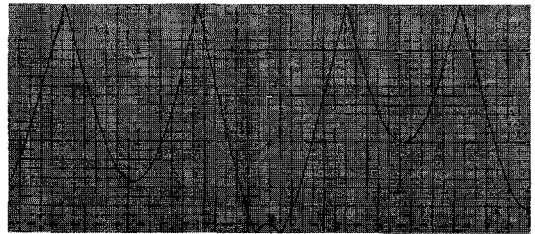
(a)



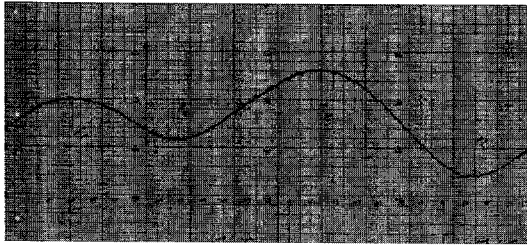
(b)



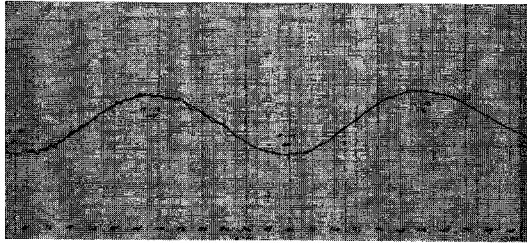
(c)



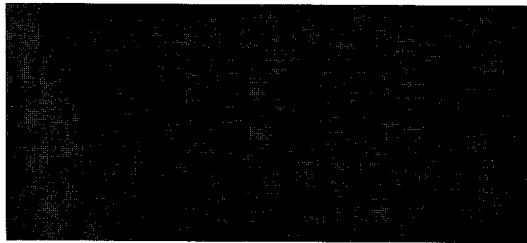
(d)



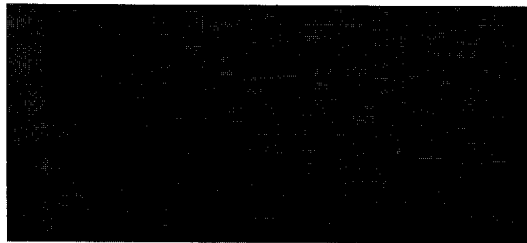
(e)



(f)



(g)



(h)

그림 6. 실험 결과. (a) 가덕도 1993.03.13 (b) 고흥 2007.02.09 (c) 고흥 2008.06.25 (d) 인천 2001.11.17 (e) 제주 2008.01.20 (f) 통영 2007.05.12 (g) 서귀포 2006.10.14 (h) 부산 2005.03.22

Fig 6. Experimental results. (a) Gadeok-do 1993.03.13 (b) Goheung 2007.02.09 (c) Goheung 2008.06.25 (d) Incheon 2001.11.17 (e) Jeju 2008.01.20 (f) Tongyeong 2007.05.12 (g) Seogwipo 2006.10.14 (h) Busan 2005.03.22

[그림 6]는 7개의 관측소로부터 기록된 다른 일자의 조위 기록지에 대한 실험 결과이다. 서귀포와 부산 관측소의 경우 전체적으로 어두운 색상 톤을 가지지만 기록지에 포함된 그래프가 제대로 추출됨을 확인할 수 있었다. 다른 관측소의 조위 기록지에 대해서도 추출된 그래프가 원래의 그래프 형태 위치를 벗어나지 않는 것을 알 수 있다.

[그림 7]은 (a)포토샵의 Color Range 기능을 사용해 추출한 결과와 (b)본 논문의 결과를 비교한 그림이다. 포토샵에서 추출된 그래프는 그래프 영역이 추출된 결과가 아니라 픽셀 단위로 추출된 것으로 그래프 픽셀들과 배경 픽셀들이 섞여 있음을 볼 수 있다. 반면에 본 연구의 결과로서 추출된 그래프는 그래프 영역이 확연히 구분됨을 알 수 있다.

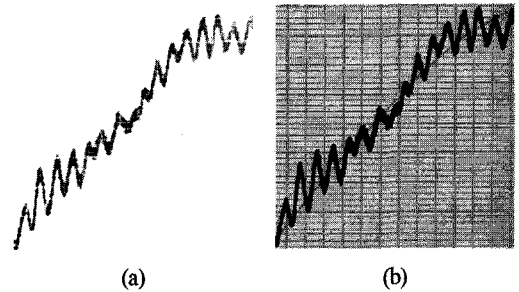


그림 7. 포토샵 추출 결과와의 비교 (a) 포토샵 결과 (b) 연구 결과

Fig 7. The comparison with a extraction result using photoshop (a) The result using photoshop (b) The result using proposed algorithm

[그림 8]은 그래프 추출 과정에서 발생하는 오류를 보여주고 있다. (a)는 이미지내의 각 세로줄에서 사용자가 선택한 픽셀과 가장 유사한 대표 픽셀을 선택하는 과정에서 발생하는 오류를 보여준다. 위의 예에서는 그래프 아래쪽에 그래프와 같은 색상의 선이 존재함으로 인해 발생하는 문제이다. (b)는 그래프를 가로지르는 선이 배경 픽셀로 결정되어 각 세로줄에서 그래프 영역내에 배경 픽셀이 존재함으로서 발생하는 문제이다. 위의 문제들이 그래프 전체 모양에 심각한 오류를 주는 것은 아니지만 좀 더 정확한 그래프 추출을 위해서는 이와 같은 오류를 제거하는 과정이 필요하다.

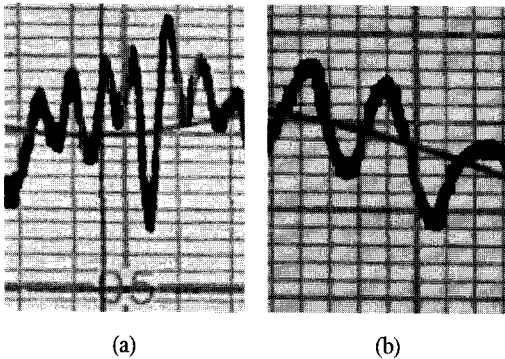


그림 8. 그래프 추출에서 발생하는 오류
 (a) 초기 그래프 픽셀 설정 오류 (b) 배경 픽셀 결정 오류
 Fig 8. Errors of graph extraction process.
 (a) Errors of initial graph pixel configuration
 (b) Errors of background pixel determination

V. 결론

본 논문에서는 조위 관측 기록지로부터 최소한의 수작업을 통해 그래프를 추출하는 방법을 제안했다. 사용자가 기록지에서 그래프 영역으로 간주되는 임의의 픽셀 하나를 선택하면, 자동으로 계산된 배경 픽셀과의 관계를 이용해 그래프를 추출할 수 있다. 논문에서 제안한 방법을 사용해 기록지로부터 추출되는 그래프는, 실제 그래프의 형태를 충실히 반영하는 것으로 확인할 수 있었다. 다만 앞서 설명한 오류들로 인해 전체 그래프 구간 중 일부 구간에서 그래프에 일치하지 않는 부분이 생성될 가능성이 있다.

본 논문의 향후연구과제는 앞서 설명한 두 가지 오류를 해결해 좀 더 정확하게 조위 기록지로부터 그래프를 추출하는 방법에 대한 연구와 더불어 현재와 같이 사용자가 그래프 영역에 포함되는 픽셀을 선택하지 않고 자동으로 그래프 영역에 포함되는 픽셀을 결정함으로써 사람의 개입 없이 그래프 추출을 가능하게 하는 방법에 대한 연구이다.

참고문헌

- [1] 유영중, 박성호, “조위 관측 기록지 디지털화 시스템 구현 연구,” 한국해양정보통신학회 논문지, 제 14권 8호, pp. 1907-1917, 2010.
- [2] Q. Huang, B. Dom, D. Steele, J. Ashley, and W. Niblack, “Foreground/Background Segmentation of Color Images by Integration of Multiple Cues,” In Proceedings of 1995 IEEE Conference on Image Processing, pp. 1246-1249, 1995.
- [3] Q. Huang, B. Dom, D. Steele, J. Ashley, and W. Niblack, “Segmentation and Representing Background in Color Images,” In Proceedings of ICPR’96, vol. 3, pp. 13, 1996.
- [4] Y. Lu and H. Guo, “Background Removal in Image Indexing and Retrieval,” International Conference on Image Analysis and Processing, pp. 933-938, 1999.
- [5] J. Cheng, S. Drue, G. Hartmann, and J. Thiem, “Efficient Detection and Extraction of Color Objects from Complex Scenes,” In Proceedings of ICPR’00, pp. 668-671, 2000.
- [6] 김성영, 박창민, 권규복, 김민환, “칼라 영상에서의 중심 객체 추출에 관한 연구,” 멀티미디어학회논문지, Vol. 5, No. 6, pp. 616-624, 2002.
- [7] Gerlad F., Kristian J., Raul R., “SIOX: Simple Interactive Object Extraction in Still Images,” In Proceedings of the IEEE Symposium on Multimedia(ISM2005), pp. 253-260, Irvine, California, 2005.
- [8] Gerlad F., Kristian J., Tobias L., Raul R., “Extending the SIOX Algorithm: Alternative Clustering Methods, Sub-pixel Accurate Object Extraction from Still Images, and, Generic Video Segmentation,” Technical Report B-06-06, University of Berlin, 2006.
- [9] Gerlad F., Kristian J. Lars K., Raul R., “Image Segmentation by Uniform Color Clustering Approach and Benchmark Results,” Technical Report B-05-07, University of Berlin, 2005.
- [10] G. Wyszecki and W. S. Stiles, “Color Science: Concepts and Methods. Quantitative Data and Formulae,” John Wiley and Sons, New York, 1982.

저자소개



유영중(Young-jung Yu)

1996 부산대학교 전자계산학과
이학사

1998 부산대학교 전자계산학과
이학석사

2002 부산대학교 전자계산학과 이학박사

2002~ 부산외국어대학교 근무

※관심분야: 컴퓨터 애니메이션, 시뮬레이션



김영주(Young-ju Kim)

1988년 부산대학교
계산통계학과(이학사)

1990년 부산대학교
계산통계학과(이학석사)

1990년~1995년 큐닉스컴퓨터 응용시스템연구소

1999년 부산대학교 전자계산학과(이학박사)

2000년~현재 신라대학교 컴퓨터교육과 부교수

※관심분야: 임베디드시스템, 멀티미디어처리, 영상
압축 및 통신



박성호(Seong-ho Park)

1996년 부산대학교 전자계산학과
이학사

1998년 부산대학교 대학원
전자계산학과 이학석사

2002년 부산대학교 대학원 전자계산학과 이학박사

2002년 9월~현재 부산대학교 근무

2006년 9월~현재 부산대학교 정보전산원 부교수

※관심분야: 멀티미디어 통신, 컴퓨터 비전, 2D/3D
영상 및 비디오 처리