조위관측기록 이미지로부터의 그래프 영역 분리

유영중* · 박성호**

Graph Area Separation from A Sea Level Measurement Recording Image

Young-jung Yu* · Seong-ho Park**

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

요 약

아날로그 형태로 기록되어지는 조위관측 기록의 디지털화는 많은 해양 관련 연구에 도움을 줄 수 있다. 본 논문에서는 조위관측 기록 디지털화의 한 부분인 그래프 영역 분리에 관한 방법을 제안한다. 사용자가 그래프 영역으로 간주되는 하나의 픽셀을 선택하면, 선택된 픽셀의 색상을 이용해 이미지의 상당 부분을 구성하는 배경 픽셀들을 분리한다. 남아 있는 배경 픽셀들과 그래프 영역 픽셀들을 구분하기 위해, 각 열에서 하나의 그래프 픽셀을 결정하고, 이 픽셀을 중심으로 그래프 영역을 분리한다. 실험결과는 본 논문에서 제안한 방법이 이전의 그래프 영역 분리 방법의 단점을 보완하고, 원 이미지의 그래프 영역과 유사한 그래프 영역을 검출할 수 있음을 보여준다.

ABSTRACT

The digitalization of sea level measurement recording which is recorded as analog type is useful for many related oceanology. In this paper, we propose a method which separates the graph area from a sea level measurement recording image. At first, a pixel that is regarded as the pixel which is included in the graph area is selected. Then, many background pixels are separated using the color of the selected pixel. In each vertical line, a pixel is determined as the pixel within the graph area and the graph area is separated from the image using that pixels. Experimental results show that the proposed method in this paper overcome drawbacks of the previous research and can separate the graph area which similar to the graph area of the original image.

키워드

조위관측기록, 디지털타이징, 그래프 영역 분리

Key word

Sea Level Measurement Record, Digitizing, Graph Area Separation

* 정회원 : 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 교수

접수일자 : 2012. 11. 14

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

심사완료일자 : 2012. 11. 20

I. 서 론

영국이나 일본, 노르웨이와 같이 바다와 인접한 영토를 가진 세계의 많은 국가들은 오랜 세월동안 매일 해수면의 변화를 관측하고 이를 조위 관측 기록지에 기록하여 보관해 왔으며, 현재도 이와 같은 작업은 계속되고 있다. 대한민국도 국립해양조사원에서 전국에 수십개의 관측소를 두고 1950년대부터 현재에 이르기까지 매일 연안 해수면의 변화를 관측한 후 조위 관측 기록지에 기록하여 보관하고 있다. 현재 보관되고 있는 조위관측 기록은 다양한 연구 목적으로 활용이 가능하다. 여기서 문제가 되는 것은 보관되어 있는 조위관측 기록이 종이와 같은 아날로그 형태로 되어있어 연구자가 그 기록을 이용하기가 매우 어렵다는 것이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 아날로그 형태로 보관되는 조위관측 결과들을 디지털화해야한다. 이를 위해 정부에서는 2009년부터 2010년까지 2년동안 아날로그 형태로 보관되어 있던 조위관측 기록들의 디지털화 작업을 추진했었고, 성공적으로 그 결과들을 데이터베이스화하는데 성공하였다.

2009년부터 2010년까지 2년에 걸쳐서 1950년대부터 아날로그 형태로 보관되어 오던 조위관측 기록지들의 디지털화 작업을 성공적으로 수행했지만, 모든 문제가 해결된 것은 아니다. 지금 현재도 계속해서 매일 새로운 조위관측 기록지들이 각 관측소에서 생성되고 있기 때

문이다. 아날로그 형태의 조위관측 기록지들의 디지털화 작업에서 가장 시간이 많이 소요되는 부분이 조위관측 기록지로부터 조위가 관측된 그래프 부분을 분리하는 작업이다. 그림 1은 고흥에서 생성된 조위관측 기록지의 한 예로 이미지의 크기는 5701X2948 이다. 그림 1과 같은 조위관측 기록지로부터 조위가 관측된 그래프 부분을 분리해내기 위해서는 포토샵과 같은 이미지관련 프로그램에 능숙한 사용자라 할지라도 상당한 시간이 걸리기 마련이다. 특히 방치되고 보관상태가 좋지 않은 경우는 그래프 분리에 더 많은 어려움이 발생한다. 따라서 가능하다면 조위관측 기록이 생성되고 빠른 시간 내에 디지털화하는 것이 좋으며, 이를 위해서는 디지털화 과정을 단순화하여 비전문가라도 쉽게 사용할 수 있는 시스템을 개발해야한다.

조위관측 기록지의 디지털화 과정에서 가장 문제가 되는 부분이 조위가 기록된 그래프 영역을 분리하는 문제이다. 조위관측 이미지로부터 그래프 영역을 분리하는 문제는 임의의 이미지로부터 내부에 포함된 임의의 객체를 추출하는 문제와 유사하다. 임의의 이미지에서 임의의 객체를 분리하는 문제는 다양한 배경과 다양한 객체들의 모양으로 인해 대단히 어려운 문제이지만, 조위관측 기록 이미지에서 그래프 영역을 분리하는 문제는 배경과 그래프 부분이 일정한 형식이 있다는 점에서 간단한 수작업만으로 자동화 할 수 있는 여지가 있다. 본

그림 1. 조위 관측 기록지 예
Fig. 1 An example of a sea level measurement recording paper

논문에서는 조위관측 기록지 이미지로부터 최소한의 수작업을 통해 조위가 기록된 그래프 영역을 분리하는 방법을 제안한다. 사용자가 조위관측 기록지 이미지에서 그래프 영역으로 간주되는 하나의 픽셀을 선택하면, 그 픽셀과 나머지 픽셀과의 색상과 위치 관계를 이용해 그래프 영역을 분리한다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제시한 문제와 관련된 이전 연구들을 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제시한 그래프 영역 분리 방법을 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 제안된 방법을 다양한 조위관측 기록지에 적용한 실험결과를 보여주고 5장에서 결론을 내린다.

II. 관련 연구

Huang등[1, 2]은 임의의 이미지에서 다양한 정보들을 이용해 배경 픽셀들과 전경 픽셀들을 분리하는 방법을 제안했다. 이들이 제안한 방법은 이미지내의 배경이 복잡하지 않은 경우 좋은 결과를 보여주지만, 배경이 복잡한 경우는 전경 픽셀의 분리에 문제점을 보인다. Lu와 Guo[3]도 임의의 이미지에서 배경과 전경을 분리하는 문제를 다루었지만, 복잡한 배경을 가진 이미지에서는 배경의 일부만 배경으로 인식되는 문제가 있다. Cheng등[4]은 입력 이미지를 분할하고 사전에 주어진 객체 정보를 이용하여 유사한 영역을 찾는 방법을 제안했다. 이들의 방법은 객체에 관한 정보가 이미 주어진 경우만 사용할 수 있는 단점이 있다. 김성영등[5]은 임의의 칼라이미지에서 자동으로 객체를 분리하는 방법을 제안했다. 이들은 분리하고자 하는 객체가 이미지의 중심 부근에 위치하고, 이미지에서 상당한 영역을 차지한다는 가정하에 여러 가지 이미지 처리 방법을 사용하여 객체를 분리했다. 하지만 이미지가 주어진 가정에 적합하지 않거나 분리될 객체가 복잡한 객체일 경우 정확히 분리하는 데는 문제를 보인다. Gerald등[6,7,8]은 사용자의 입력을 기반으로 객체를 분리하는 방법을 제안했다. 사용자는 먼저 분리할 객체의 전 영역을 지정한다. 이 때 배경 일부가 포함될 수 있다. 다음으로 객체 내부로 판단되는 일부 영역을 지정하고, 배경과 전경에 포함되는 대표 색상을 자동으로 계산한다. 배경과 전경에 대한 대표 색상이 정해지면, 처음에 지정된 객체 전

영역에 대해 배경과 전경의 색상 관계를 고려해 객체를 분리한다. 이들의 방법은 임의의 이미지에 대해 좋은 결과를 보여주지만, 본 논문에서 사용하는 이미지와 같이 크기가 큰 이미지에 대해서는 많은 수작업을 요하기 때문에 적용하기 어렵다. 유영중 등[9]은 조위관측 기록지 이미지로부터 조위관측 기록을 디지털화하는 시스템을 제안했다. 이들의 시스템은 조위관측 기록의 디지털화에서 실제 적용되었지만, 기록지로부터 그래프를 분리하는 문제에서 많은 수작업을 필요로 하는 단점을 가지고 있다. 이 문제를 보완하기 위해 유영중등[10]은 수작업을 최소화하면서 조위관측 기록지로부터 그래프를 분리하는 방법을 제안했다. 이들이 제안한 방법이 최소한의 수작업으로 그래프를 분리하는 결과를 보여주지만, 배경 픽셀의 결정과 초기 그래프 픽셀의 결정에서 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 유영중등[10]의 연구에서 문제가 되는 배경 픽셀 분리, 초기 그래프 픽셀 결정, 그리고 그래프 픽셀 사이의 배경 픽셀로 인한 오류 문제를 해결하기 위한 새로운 그래프 분리 방법을 제안한다.

III. 그래프 분리

본 연구에서는 인지 색상 모델인 LAB 색상 모델에서 그래프 픽셀간의 색상의 유사도가 높기 때문에 입력으로 주어지는 RGB 색상 모델을 LAB 색상 모델로 변환한 후 그래프 영역을 분리하는 작업을 한다. 조위관측 기록지 이미지에서 조위가 관측된 그래프 영역을 분리하는 과정은 다음과 같다.

1. 사용자가 그래프 영역으로 간주되는 하나의 픽셀을 선택한다.
2. 각 열에서 배경 픽셀들을 결정한다.
3. 각 열에서 초기 그래프 픽셀을 결정한다.
4. 각 열에서 배경 영역을 확장한다.
5. 그래프 영역을 결정한다.

3.1. 초기 배경 픽셀 결정

[그림 1]에서 보는 바와 같이 조위관측 기록지내에서 그래프는 좌측에서 우측으로 이어지며, 매우 적은 영역을 차지한다. 또한 그래프 영역에 포함되는 픽셀들의 색상은 정도의 차이가 있고 예외적인 픽셀들이 존재할 경

우도 있지만, 대부분의 경우 유사한 색상 분포를 가지고 있다. 본 논문에서는 그래프 영역을 분리하기 위해 사용자가 선택한 그래프 영역으로 간주되는 하나의 픽셀을 이용해 초기 배경 픽셀들을 결정한다.

사용자가 선택한 픽셀의 색상과 나머지 모든 픽셀들과의 LAB 색상 모델에서의 거리를 계산하고, 가장 거리가 먼 픽셀과의 차를 1로 하는 정규화를 수행한다. i 행 j 열의 픽셀을 $p_{i,j}$, 각 픽셀의 정규화된 값을 $similar(p_{i,j})$ 라 하면, 이미지내의 각 열에서 다음 식을 만족하는 모든 픽셀들을 배경 픽셀로 설정한다.

$$count(similar(p_{i,j})) \leq N_{height} \times 0.9 \quad (1)$$

위 식에서 $count(similar(p_{i,j}))$ 는 각 열에서 $similar(p_{i,j})$ 보다 큰 값을 가지는 픽셀의 수를 의미하고 N_{height} 는 각 열의 모든 픽셀의 수를 나타낸다. 따라서 위 식을 적용하면 이미지내의 각 열에서 $similar(p_{i,j})$ 의 값이 큰 약 90% 정도의 픽셀들이 배경 픽셀로 결정되고, 이미지 전체적으로 약 10% 정도의 픽셀들만이 그래프 영역의 후보 픽셀들로 남게 된다.

그림 2. 초기 배경 픽셀들
Fig. 2 Initial background pixels

그림 2는 고흥에서 2005년 8월 5일에 관측된 조위기록지에 대해 초기 배경 픽셀들을 결정한 결과의 일부분이다. 그림에서 노란색으로 표시된 부분이 각 열에서 결정된 배경 픽셀들로, 그래프 영역의 픽셀들은 배경 픽셀에 포함되지 않았으며, 일부 그래프 영역이 아닌 픽셀들도 배경으로 결정되지 않았음을 알 수 있다.

3.2. 초기 그래프 픽셀 결정

초기 배경 픽셀들이 결정되면, 다음으로 이미지의 각 열에서 그래프 영역으로 인정되는 하나의 픽셀을 결정하는 작업을 한다. 유영중등[10]은 각 열에서 $similar(p_{i,j})$ 가 가장 낮은 픽셀을 초기 그래프 픽셀로 선택했다. 대부분의 경우 그래프 영역에 포함되는 픽셀들 중에 $similar(p_{i,j})$ 가 가장 낮은 픽셀이 존재하지만, 그렇지 않은 경우 원하지 않는 픽셀이 그래프 픽셀로 선택될 수 있다.

그림 3. 잘못된 초기 그래프 픽셀 선택
Fig. 3 A bad initial graph pixel

그림 3에서 녹색 선은 각 열에서 선택된 그래프 픽셀을 연결한 선이다. 빨간색 원으로 표시된 열에서 가장 낮은 $similar(p_{i,j})$ 를 가지는 픽셀이 그래프 영역이 아닌 부분에 존재함으로써 문제가 발생한다.

본 논문에서는 각 열에서 배경이 아닌 각 픽셀을 중심으로 하는 영역을 정하고 그 영역내의 배경 픽셀들의 비율을 이용해 이 문제를 해결한다. 먼저 사용자가 처음에 선택한 픽셀을 그래프 픽셀로 결정하고, 그 열을 중심으로 좌우로 이동하면서 각 열의 그래프 픽셀을 결정한다. K 열의 그래프 픽셀을 gp_k 라 하고, $k+1$ 열의 배경이 아닌 픽셀의 집합을 up_{k+1} 이라 하자. 집합 up_{k+1} 내의 각 픽셀을 up_{k+1}^i 라 할 경우, up_{k+1}^i 픽셀을 중심으로 하고 up_{k+1}^i 과 gp_k 와의 거리를 반지름으로 하는 원을 생성한다. 그리고 원 내부에 포함되는 전체 픽셀 수에 대한 배경 픽셀 수의 비율이 0.5 이하인 up_{k+1}^i 픽셀들을 $k+1$ 열의 초기 그래프 픽셀 후보로 간주하고, 후보 픽셀들 중에서 가장 낮은 $similar(p_{i,j})$ 를 가지는 픽

셀을 초기 그래프 픽셀로 결정한다.

그림 4는 본 연구에서 제안한 방법을 적용한 초기 그래프 픽셀 결정의 결과이다. 그래프 영역에서 거리가 먼 픽셀들은, 그 픽셀을 중심으로 생성된 원 영역 안에 많은 배경 픽셀들을 포함할 확률이 높기 때문에 초기 그래프 픽셀로 선택될 가능성이 낮아진다. 따라서 그래프 영역 내부에 있는 픽셀들이 초기 그래프 픽셀로 선택되어질 수 있다.

그림 4. 초기 그래프 픽셀들
Fig. 4 Initial graph pixels

3.3. 배경 영역 확장

이미지의 각 열에서 하나의 그래프 픽셀이 정해지면, 그 픽셀을 중심으로 그 열의 나머지 픽셀들에 대한 배경 픽셀 여부를 결정한다. 여기서 제안하는 방법은 각 열에 독립적으로 적용되며, 그래프 영역에 포함되어야 할 픽셀들은 이미 정해진 그래프 픽셀 주위에 있다는 가정 하에 출발한다.

K 열의 그래프 픽셀인 gp_k 를 중심으로 위아래 각 방향에 있는 배경이 아닌 픽셀의 집합을 각각 up_k^u, up_k^d 라 하고, 그 픽셀들의 수를 $N_{up_k^u}, N_{up_k^d}$ 라 하자. up_k^u 와 up_k^d 에 포함되는 픽셀들 중 픽셀 gp_k 와의 거리가 가까운 픽셀들은 그래프 픽셀 후보로, 거리가 먼 픽셀들은 배경 픽셀로 정해져야 한다. gp_k 의 열 성분을 gp_k^y , $uy = gp_k^y - N_{up_k^u}$, $dy = gp_k^y + N_{up_k^d}$ 라 하자. 먼저 gp_k^y 와 uy 영역 내에 포함되지 않는 모든 up_k^u 내의 픽셀들은 배경 픽셀이 된다. 다음으로 gp_k^y 와 uy 영역 내에 포함된 배경 픽셀의 수와 $N_{up_k^u}$ 의 비가 α 이하인 경우

남아 있는 픽셀들로 그래프 영역 픽셀 후보가 확정되고, 그렇지 않은 경우 같은 과정이 반복된다. 이 방법은 gp_k^y 와 dy 사이에서도 같은 방법으로 적용된다.

그림 5. 배경 픽셀들
Fig. 5 Background pixels

그림 5는 제안한 방법을 적용해서 배경 픽셀들을 확장한 결과이다. 그림 4와 비교할 경우 확정된 그래프 픽셀 주위를 제외한 나머지 부분들의 픽셀들은 배경 픽셀로 확정된 결과를 확인할 수 있다. 위 결과에 대해 우리는 $\alpha = 0.5$ 의 값을 사용하였다.

3.4. 그래프 영역 결정

이전 단계까지 배경 픽셀들이 확정되면, 배경이 아닌 나머지 픽셀에 대한 그래프 영역 픽셀을 결정해야 한다. 유영중등[10]은 각 열에서 정해진 초기 그래프 픽셀을 중심으로 아래위로 이동하면서 배경 픽셀을 만나기 전까지의 모든 픽셀들을 그래프 영역 픽셀들로 정의하였다.

그림 6. 초기 그래프 영역
Fig. 6 initial graph area

여기서 문제점은 그래프 영역 내에 배경 픽셀들이 포함되어 있는 경우 많은 그래프 영역 픽셀들이 배경 픽셀로 처리된다는 점이다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해 먼저 많은 그래프 영역 픽셀들을 정하고, 이를 줄이는 방법을 사용한다.

이전 단계에서 결정된 각 열의 그래프 영역 후보 픽셀들 중, 각 열의 확정된 중심 그래프 픽셀에서 가장 먼 거리의 두 픽셀을 선택하고, 이 두 픽셀 사이의 모든 픽셀들을 그래프 영역 픽셀로 결정한다. 그림 6은 이 방법을 적용한 결과 그림이다. 이 방법을 사용할 경우 유영중 등[10]에서 보이는 문제점을 해결할 수 있다. 그러나 그림에서 보는 바와 같이 대략적인 그래프 모양은 알 수 있으나, 몇몇 열에서 튀어나온 부분들이 문제가 된다. 중심에서 튀는 영역 중에는 원래 그래프 영역인 부분도 있고 그렇지 않은 부분도 있을 수 있다. 본 논문에서는 경계선에서 튀어나온 부분들을 제거하기 위해 수축연산을 이용한다.

그림 7. 결정된 그래프 영역
Fig. 7 Determined graph area

그림 7은 그림 6의 결과에 튀어나온 부분들을 제거하기 위해 수축 연산을 적용한 결과이다. 5x5의 원을 구조 요소로 사용한 결과로, 그림 6과 비교하여 얇고 튀어나온 대부분의 문제 부분들은 제거되었음을 알 수 있다. 남아있는 부분들은 원본 그래프 이미지에서 그래프 영역인 부분들이다.

IV. 실험 결과

본 연구의 실험은 Pentium 4 Core 2 Duo CPU, 3GHZ, 3.48GB RAM의 사양을 가진 PC에서, OpenCV 라이브러리를 사용한 프로그램으로 행해졌다.

그림 8은 몇 개의 관측소로부터 기록된 조위 기록지에 대해 그래프 영역을 분리한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 그래프 영역이 제대로 분리되었음을 확인할 수 있으며, (a), (b)의 일부분을 확대한 (c), (d)에서 알 수 있는 바와 같이 유영중 등[10]의 결과에서 보이는 초기 그래프 픽셀 설정 오류나 그래프 영역 내부의 배경 픽셀로 인한 오류가 없음을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 조위관측 기록지 이미지에서 최소한의 입력으로 간편하게 그래프 영역을 분리하는 방법에 관한 알고리즘을 소개했다. 유영중 등[10]이 사용자의 간편한 입력으로 그래프 영역을 분리하는 방법을 이미 제안했지만, 그들이 제안한 방법에서는 초기 그래프 픽셀 결정과 최종 그래프 영역 결정 시에 문제점을 가지고 있었다. 본 논문에서 제안한 방법은 유영중 등[10]이 가지는 문제점들을 해결하면서 조위관측 기록지 이미지에서 간편하게 그래프 영역을 분리할 수 있다는 면에서 의의를 가진다고 할 수 있다.

본 논문에서 제안한 방법이 최근 생성되거나 보관 상태가 나쁘지 않은 조위관측 이미지에 대해서는 잘 동작하지만, 보관 상태가 좋지 않은 오래된 조위관측 이미지에서는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 보관 상태가 좋지 않은 이미지에 대해서도 처리할 수 있는 방법에 관한 연구가 필요하고, 하나의 이미지에 여러 개의 그래프가 포함된 경우에 그래프 영역을 분리하는 문제에 관한 연구도 향후 연구과제이다.

그림 8. 실험 결과. (a-d) 가덕도 1993.03.29 (e-f) 서귀포 2000.09.23 (g-h) 거제 2006.09.03 (i-j) 목포 2000.07.15
 Fig. 8 Experimental results. (a-d) Gadeok-do 1993.03.29 (e-f) Seogwipo 2000.09.23 (g-h) Geoje 2006.09.03
 (i-j) Mokpo 2000.07.15

참고문헌

- [1] 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.
- [2] Q. Huang, B. Dom, D. Steele, J. Ashley, and W. Niblack, "Segmentation and Representation Background in Color Images," In Proceedings of ICPR'96, 1996.
- [3] Y. Lu and H. Guo, "Background Removal in Image Indexing and Retrieval," International Conference on Image Analysis and Processing, pp. 933-938, 1999.
- [4] 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.
- [5] 김성영, 박창민, 권규복, 김민환, "칼라 영상에서의 중심 객체 추출에 관한 연구," 멀티미디어학회논문지, Vol. 5, No. 6, pp. 616-624, 2002.
- [6] Gerlad F., Kristian J., Raul R., "SIOX: Simple Interactive Object Extraction in Still Images," In Proceedings of the IEEE Symposium on Multimedia(ISM2005), Irvine, California, 2005.
- [7] 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.
- [8] Gerlad F., Kristian J. Lars K., Raul R., "Image Segmentation by Uniform Color Clustering Approach and Benchma가 Results," Technical Report B-05-07, University of Berlin, 2005.
- [9] 유영중, 박성호, "조위 관측 기록지 디지털타이징 시스템 구현 연구," 한국해양정보통신학회 논문지, 제14권 8호, pp. 1907-1917, 2010.
- [10] 유영중, 김영주, 박성호, "조위관측기록지 이미지에서 그래프 영역 검출 기법," 한국해양정보통신학회논문지, 제14권 11호, pp. 2555-2562, 2010.

저자소개

유영중(Young-jung Yu)

1996년 부산대학교 전자계산학과
이학사

1998년 부산대학교 전자계산학과
이학석사

2002년 부산대학교 전자계산학과 이학박사

2002 ~ 부산외국어대학교 근무

※관심분야: 컴퓨터 애니메이션, 시뮬레이션

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 교수

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