

# 산림자원 영상에서 N각형 탐색 기법을 이용한 개선된 원 추출

(Improved circle extraction using N-polygon search  
method in forest resource images)

양 일 등\*, 이 석 희\*\*, 김 성 열\*\*\*

(Ill-Deung Yang, Seok-Hee Lee, and Seong-Ryeol Kim)

**요 약** 산림청에서는 산림자원의 통계와 활용을 위해 매년 산림자원인 목재의 검척을 실시하고 있지만 업무의 특성상 조사 표본에 대한 접근이 용이하지 않으며 대상의 개수가 너무 많아 인력에 의한 수동 검척에는 한계가 있다. 이에 디지털 영상에서 산림자원들의 지름을 자동으로 검척하기 위한 새로운 기법을 제안한다. 제안된 기법을 사용할 경우 50%이상의 인식률을 보이고 있다.

**핵심주제어** : 영상처리, 원 추출, 허프 변환

**Abstract** Each year, the Forest Service performs measurements to gather statistics regarding on the forest resources and forest character. However, this is not easily obtainable information due to the lack of human accessibility to the survey sample. I proposed a new method to gather data which utilizes the technology of digital imaging. This new method allows over 50% of the sample to be viewable.

**Key Words** : Image Processing, Extraction a circle, Hough Transform

## 1. 서 론

산림청에서는 산림자원인 목재의 통계와 활용을 위해 매년 검척(measurement)을 실시하는데, 조사 대상들이 깊은 산중에 위치하여 접근이 용이하지 않으며, 조사 대상이 너무 많아 인력에 의한 수동 검척에는 한계가 있다. 이에 산림자원인 목재들의 지름을 자동으로 검척하기 위해 디지털 영상 출력장치에서 영상을 획득하여 원을 자동으로 추출한다. 영상처리 분야

에서 원의 형태를 추출하기 위해 많이 사용하는 것은 허프 변환(Hough Transform)[1]이다. 그러나 허프 변환을 사용하여 산림자원 영상에서 원을 추출하면 영상의 특성상 ‘배경분리’, ‘잡음제거’ 등이 완벽하게 이루어질 수 없어 결과를 신뢰할 수 없다. 따라서 본 연구는 정확한 원의 정의에 부합하지 않는 산림자원 영상에서 신뢰할 수 있는 새로운 원 추출 기법을 제안한다.

\* 청주대학교 컴퓨터정보공학과, 제1저자

\*\* 한국교통대학교 의료정보공학과, 교신저자  
(fbiskr@naver.com)

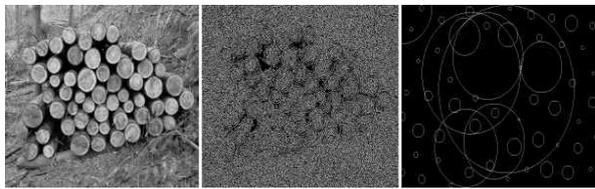
\*\*\* 청주대학교 컴퓨터정보공학과, 제2저자

## 2. 관련연구

## 2.1 허프 변환

원의 형태를 추출하기 위해 영상처리에서 많이 사용하는 방식은 허프 변환이다. 허프 변환은 직교좌표계를 극좌표계로 변환하여 제일 많은 참조수(referece count)를 이용하여 정점을 추출해 개체를 추출하는 방식이다. 이를 응용하면 요구하는 디지털 영상에서 선, 원, 타원 등을 추출할 수 있다[2][3][4][5][6].

이러한 허프 변환을 사용하여 산림자원 영상에서 원을 추출 한 영상은 다음 그림 1과 같다. 왼쪽 영상은 컬러 영상을 흑백 영상으로 변환한 결과이며, 중간 영상은 흑백영상을 캐니-엣지를 이용하여 엣지를 추출한 영상이고, 오른쪽 영상은 허프 원변환을 사용하여 원을 추출한 최종 결과 영상이다.



<그림 1> 산림자원영상에 대한 허프 원 변환  
왼쪽: 흑백영상, 중간: 캐니엣지, 오른쪽: 허프 원 변환

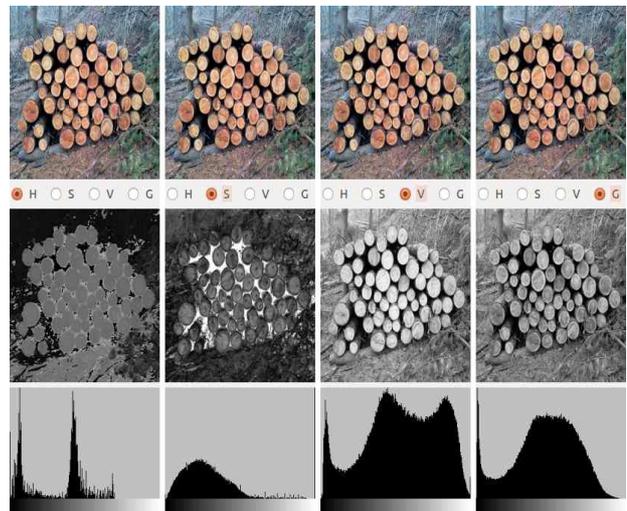
추출 결과, 왼쪽 영상과 오른쪽 결과 영상을 비교하면 정확도가 낮은 것을 볼 수 있는데, 이는 엣지추출 과정에서부터 부정확한 엣지가 추출되었고, 산림자원 영상의 특성상 배경과 객체와의 분리가 쉽지 않기 때문이다.

일반적인 허프 변환은 배경이 완전히 분리된 상태에서 수행되며, 배경을 단색처리하고 객체 영상을 병합할때 보다 정확한 엣지가 추출되지만 그림의 산림 영상처럼 객체 모양이 원에 정의에 정확하게 일치하지 않아 밝기, 색깔, 주변물체 등에 의해 더욱더 원의 형태에서 멀어지게 되며 일반적인 엣지 검출, 허프 원 변환의 과정으로 처리하면 최종결과는 그림과 같이 신뢰할 수 없는 검출 결과를 가져온다. 따라서 이러한 문제들로 기존의 허프 변환 알고리즘 이용할 수 없어 새로운 N각형 탐색기법을 제안하여 검척 정확도를 개선하고자 한다.

## 2.2 산림자원 영상 변환

입력 영상에서는 대상 개체와 배경을 구분하는 것 선처리 해야 하며 이를 위해 이진 변환(binary transformation)을 수행하는데, 임계치(Threshold)를 기준으로 영상을 흑백으로 분리하는 것이다. 그러나 컬러 영상은 분포된 색이 다양하기 때문에 보통 흑백 영상으로 변환한 후에 이진변환을 수행한다. OpenCV [7]에서 지원하는 이진 변환의 유형으로 "BINRY", "BINARY\_INV", "TRUNC", "TOZERO", "TOZERO\_INV", "OTSU" 등이 있다. 또한 컬러 영상을 변환한 흑백 영상뿐만 아니라 컬러 영상에서 명도(H), 채도(S), 색상(V)을 분리하여 변환하고 비교한다.

다음의 그림 2는 각각의 명도, 채도, 색상, 흑백 변환 결과로 마지막 그래프는 영상의 히스토그램이다. 히스토그램이란(histogram) 영상 내 값들의 분포를 나타내는 것으로 영상 데이터 분석의 기초가 되며, 왼쪽으로 갈수록 어두운 색을, 오른쪽으로 갈수록 밝은 색의 분포를 나타낸다.



<Fig 2> 명도, 채도, 색상, 흑백 영상과 각각의 히스토그램 분포

그림에서 명도 영상의 히스토그램은 어두운 부분과 중간 부분의 색이 집중됨을 알 수 있고, 채도 영상은 어두운 부분 쪽으로 색이 몰려 있으며, 색상 영상은 쌍곡선을 나타내며 흑백영상은 컬러영상의 색 분포와 유사한 특성을 보인다. 이는 목재 자체의 면의 색이 주위 색보다 밝기 때문에 나타나는 현상으로 색상에서 그 특성이 구별된다. OTSU 이진 변환은 히스토그

램 형태가 쌍봉형(bimodal)이라고 가정하였을 때 계곡점(valley)을 찾아서 그 점을 임계값(T)으로 하는 것이다. 즉, 어떤 집합을 두 클래스로 나눌 때 상대적으로 집중되어 있는 부분은 같은 클래스로 분류하며[8] 색상 영상이 OTSU 특성과 가장 잘 부합된다.

### 2.3 산림자원 영상의 특징

산림자원 영상의 특징을 OTSU 이진 변환으로 변환하면 다음 그림 3과 같으며, 영상에서 시각적으로 목재의 형태는 정확한 원과는 달리 N각형으로 판단되나 이를 원으로 정의하여 변환하면 결과 영상은 다음과 같은 특성을 가진다.

- 그림에서 1번 3번은 점들이 서로 연결되지 않아 원의 형태를 완전히 유지하지 않는 원도 있다.
- 그림에서 4번과 같은 그림자 등으로 인해 전체적인 모양이 원의 형태가 아닌 것도 있다.
- 그림에서 5, 6, 7, 8번과 같은 원은 잡음(Noise)에 의해 왜곡된 것도 있다.
- 그림에서 9, 10번과 같이 여백이 있는 공간도 있다.

또한 배경의 변화가 적은 영상에서 원을 추출하는 기존의 패턴과 다른 N각형 형태의 찌그러진 원의 양상이 나타날 수 있어 다음과 같은 기준 설정이 필요하다.

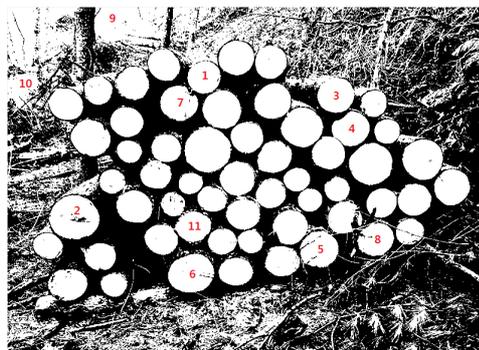
- 최소 지름을 정의하고 최소 지름 이하인 것들은 추출 결과에서 제외시킨다.
- 영상내의 원이 영상내의 가장자리에 있는 경우 추출 결과에서 제외시킨다.
- 원의 중심으로 판단되는 지점에도 잡음에 의해 검은색 영상이 있을 수 있다.

### 2.4 산림자원 영상에서 원의 특징

산림자원 영상에서 원을 탐색하는 가장 중요한 요소는 원의 중심점과 반지름을 산출하는 것으로 다음과 같은 산출방법이 있다.

첫 번째 방법은 중심점에서 90도를 이루는 위치의 점에서 아래로 수선을 그어 중심점과 반지름을 찾는 방법으로 잡음이 없을 경우 효과적인 방법이다.

두 번째 방법은 영상의 각각의 중심점에서 반지름



<Fig 3> 색상-OTSU 변환 영상

을 넓혀 가면서 원의 좌표를 계산해 해당 위치에 외곽선을 나타내는 검은색 점이 있는지 확인하는 방법으로 가장 정확하게 찾을 수 있지만 많은 계산이 필요하다.

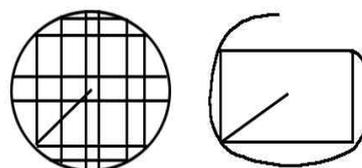
문제점은 첫 번째 산출방법은 잡음이 없을 경우 적용가능하고 두 번째 방법은 많은 계산으로 비효율적인 방법이라는 문제점을 가지고 있어 이를 개선할 수 있는 새로운 기법에 관한 연구가 절실히 요구된다.

## 3. N각형 탐색 기법 제안

산림자원인 목재의 대부분의 형태가 정확한 원의 형태가 아닌 찌그러진 원의 형태를 가지고 있기 때문에 N각형 형태로 유사원을 추출하고 이를 이용하여 효율적인 원의 중심점과 반지름을 산출할 수 있는 N각형 탐색기법을 제안한다.

### 3.1 N각형 탐색 개념

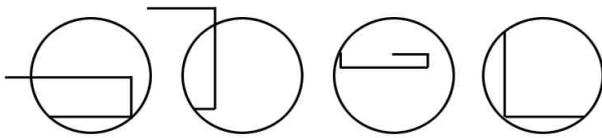
제안하는 N각형 탐색 개념은 다음 그림 4와 같이 추출된 원에 사각형을 그리고 가장 높은 빈도수를 나타내는 사각형의 중심점을 정하고, 이를 기준으로 빗변을 이용하여 반지름을 산출하는 방법이다.



<Fig 4> 정상 원 및 비정상 원내서의 사각형 매핑

원의 내부에 각기 다른 수많은 사각형이 존재하지만 동일한 위치의 중심점을 가진다는 특성을 가진다. 이는 정확한 원의 정의에 부합하는 원의 형태뿐만 아니라 추출된 N각형 형태의 원에도 적용 가능하며, 피타고라스의 정리를 이용하여 중심점에 대한 반지름을 산출할 수 있다.

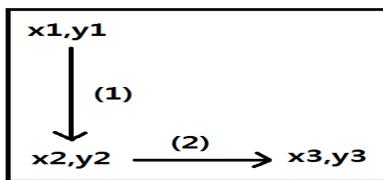
그러나 다음 그림 5와 같이 나무가지, 조명 등과 같은 잡음에 의해 정상적인 사각형이 아닌 경우도 발생할 수 있다. 이러한 경우에도 왼쪽 위와 오른쪽 아래 의 좌표만 확보되면 작도를 통하여 사각형을 완성할 수 있어 중심점과 반지름 산출에 문제는 없다.



<Fig 5> 테스트 영상 내에서 탐색된 원 객체 내의 사각형

### 3.2 N각형 탐색 방법

제안하는 N 각형 탐색 기법의 탐색 과정은 영상을 왼쪽 상단부터 시작하여 오른쪽 하단까지 선형 탐색 (liner scan)하며 탐색방향은 다음 그림 6과 같으며, 현재 점이 검은색이면서 바로 아래 점이 흰색일 경우 원의 데이터를 얻기 위해 원안에 내접한 사각형의 왼쪽 위( $x1, y1$ ), 오른쪽 아래( $x3, y3$ ) 좌표를 구하는 흐름을 나타낸다.



<Fig 6> 제안 기법의 탐색 방향

제안 기법에 적용한 산출식은 다음 수식 1과 같으며, ( $x1, y1$ ), ( $x3, y3$ )로 원의 데이터를 산출하는 좌표를 의미하며 (a)와 (b)는 각각 원의 중심점 좌표  $x, y$  를 산출하는 산출식이며 (c)는 원의 둘레  $r$ , (d)와 (e)는 원의 중심을 기준으로 한 삼각형의 너비  $w$ 와 높이  $h$ 를 계산하는 산출식, (f)는 너비와 높이의 비율  $s$ 을

계산하는 산출식이다. 산출 방법은 피타고라스 정리와 원의 성질을 이용하여 원안에 내접한 직각삼각형을 구하고 삼각형의 꼭지점을 원의 중심점으로 설정한다.

$$\begin{aligned}
 (a) \quad x0 &= ((x3 - x1)/2) + x1 \\
 (b) \quad y0 &= ((y3 - y1)/2) + y1 \\
 (c) \quad r0 &= \sqrt{(x0 - x1)^2 + (y0 - y1)^2} \\
 (d) \quad w &= x0 - x1 \\
 (e) \quad h &= y3 - y0 \\
 (f) \quad s &= (w/h) - (h/w)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

### 3.3 제안 N각형 탐색 알고리즘

제안하는 N각형 탐색 알고리즘을 의사코드로 기술 하면 다음 수식 2와 같다.

제안한 알고리즘의 구체적인 내용은 작업 영상을  $0, 0$ 에서부터 넓이(*width*), 높이(*height*)까지 선형 탐색을 반복 수행한다.

만약 현재 점(*Point*)이 흑색이고  $y+1$ 의 점이 백색이라면 사각형 매핑을 시작하여 왼쪽 상단  $x1, y1$  좌표와 오른쪽 아래  $x3, y3$  좌표를 구한다.  $x1, y1$  좌표는 현재 설정 좌표를 대입하고,  $x3, y3$  좌표는 내부 get 함수로 처리하는데 get 함수는 영상의 끝부분에 도달하거나 검은색 점이라면 더 이상 수행하지 않고 다음 점을 검사하기 위해 for 구문으로 복귀하며 최초 하단 흰색점, ( $x2, y2$ ), ( $x3, y3$ ) 등의 검출을 수행한다. 검출된 ( $x1, y1$ ), ( $x3, y3$ )을 수식 1에 대입하여  $x0, y0, r0, w, h, s$ 를 계산한다. 계산된 데이터를 이용하여 사각형의 중심점을 계산하고, 중심점을 기준으로 직각삼각형에 대한 밑변/높이/빗변을 계산하여 빗변은 중심점에서의 반지름으로 사용한다.

```

for x = 0 to width of image
  for y = 0 to height of image
    if (x, y) = BLACK and (x, y+1) = WHITE
      then
        set x, y to x1,y1
        get x2, y2, x3, y3
        calc x0, y0, r0, w, h, s
        if w=0 or h=0 then
          continue
  
```

```

end if
if s > 1.0 then
    continue
end if
if r0 < CONSTANT then
    continue
end if
save x0, y0, r0
end if
end for
end for

```

처리 과정에서 너비나 높이 값이 0이거나 너비와 높이의 비율이 1.0 이상이거나, 반지름이 'CONSTANT' 이하 이거나, 이미 저장된 결과이면 버린다. 'CONSTANT' 는 촬영자와 개체간의 거리차이 때문에 고정 값을 가질 수 없으며, 동일한 거리에서 촬영한 영상이라면 동일한 'CONSTANT'을 적용해야 한다. 처리결과를 저장하고 작업 영상의 선형 탐색이 완료될 때까지 반복한다.

#### 4. 실험 및 평가

제안 알고리즘의 타당성 평가는 영상에서 원 추출 인식률을 가지고 평가할 수 있으며, 인식률 계산 수식은 다음 수식 3와 같은 수식을 이용한다.

$$CR = ((p-q) / n) * 100$$

$CR$  : 인식률(%)  
 $n$  : 영상내 원 개수  
 $p$  : 정확한 원 개수  
 $q$  : 부정확한 원 개수

실험과 평가를 위해 제안한 N각형 탐색기법을 이용하여 실험에 사용된 산림자원 영상은 총 3장으로 근접촬영 2장, 전체촬영 1장을 사용하였으며, 수행과정은 다음 그림 7과 같다.

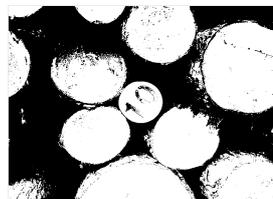


<Fig 7> 실험 수행과정

'N 각형 탐색 기법'은 컬러영상을 색상영상으로 변환하고 변환된 색상영상을 다시 이진영상으로 변환하여 흑/백으로 구분된 최종 분석영상으로 변환하며, 여기에 각종 상수를 설정하고, 'N 각형 탐색 기법'을 적용하여 원을 추출한다. 추출된 원의 좌표와 지름을 가지고 양쪽 결과 모두 원본 컬러영상 위에 머지(Merge)하여 결과를 출력한다.

#### 4.1 영상 변환 결과

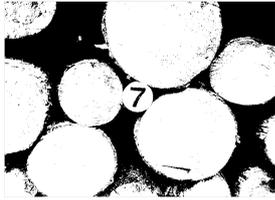
제안 기법인 N각형 탐색 기법을 적용하여 변환한 영상결과물은 각 영상별로 최적의 원을 추출하기 위해 'CONSTANT' 을 조정하고, OTSU 영상과 같이 비교하였다. OTSU 이진변환 영상과 제안 기법에 의해 처리된 결과 영상들은 다음의 그림 8~13와 같다.



<Fig 8> #1 OTSU 이진 변환 영상



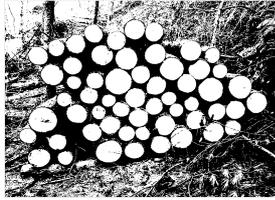
<Fig 9> #1 결과 영상 (CONSTANT =60)



<Fig 10> #2 OTSU 이진 변환



<Fig 11> #2 결과 영상 (CONSTANT =60)



<Fig 12> #3 OTSU 이진 변환 영상



<Fig13> #3 결과 영상 (CONSTANT =20)

#### 4.2 실험결과 비교 평가

변환된 결과 영상에서 실험 수행결과를 평가하기 위해 표 2의 수식을 적용하여 원 추출 인식률을 산출하였으며, 산출된 원 추출 인식률 결과는 다음 표 1과 같다.

<Table 1> 원 추출률 평가표

	영상	영상내 원의 개수( $n$ )	정확한 원 추출 개수( $p$ )	부정확한 원 추출 개수( $q$ )	인식률 (%) ( $CR$ )
제안 기법	#1	5	5	2	60
	#2	5	4	1	60
	#3	57	53	7	80

평가 결과에 의하면 #1, #2 근접촬영 영상에서 토사, 그림자 등의 잡음에 의해 인식률이 60% 정도로 측정되었으며, #3의 경우처럼 잡음이 상대적으로 약하면 인식률이 80%를 넘었다. 본 연구에서 제안한 N각형 탐색 기법을 적용하여 50% 이상의 인식률을 보인다.

#### 5. 결론

본 연구는 산림자원인 목재의 통계와 활용을 위해 영상정보를 이용한 새로운 검출 방법인 'N각형 탐색

기법을 이용한 개선된 원 추출 방법'을 제안하고 그 우수성을 검증하였다. 연구 결과, 촬영된 산림자원 영상정보 특성상 정면에서 목재의 단면만을 정확하게 촬영해야 하며, 빛의 반사, 노출된 단면의 각도, 토사에 의한 오염정도 등 여러 변수가 존재하여 이러한 요인들이 인식률을 좌우하고 있다. 따라서 원 내부의 오염제거, 원이 아닌 공간의 분리와 같은 지능적인 기법이 필요하며, 이러한 문제점들을 보완한다면 원 검출 인식률을 더욱 향상시킬 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Mohamed Roushdy, "Detecting Coins with Different Radii based on Hough Transform in Noisy and Deformed Image" GVIP Journal, Volume 7, Issue 1, April, 2007, pp27-29, 2007
- [2] 김상희, 최형일, "개선된 2D 허프 변환(Hough Transform)을 이용한 원 형상 검출 방법" 한국정보과학회 2008 가을 학술발표 논문지, 제35권, 제2호(A), pp.233~237, 2008년 10월
- [3] 김진용, 황치정, "난수 표본법을 이용한 타원 추출" 한국정보과학회 1995년 가을 학술발표 논문지, 제22권, 제2호(A), pp.375~378, 1995년 10월
- [4] 한현민, 김재민, "불량동전 검출을 위한 전처리" 대한전기학회 ICS 2010 정보 및 제어 심포지엄 논문집, pp.117~118, 2010년 4월
- [5] 한광수의 2명, "적응 에지 세그먼트 기반 Randomized Hough Transform을 이용한 타원 검출" 한국지능시스템학회 한국퍼지 및 지능시스템학회 2007년도 춘계학술대회 학술발표논문집, pp.157~160, 2007년 4월
- [6] 장영균 외 2명, "홍채 인식을 위한 포물 허프 변환 기반 눈꺼풀 영역 검출 기법" 대한전자공학회 논문집, 제44권제1호 pp.94~104, 2007년 1월
- [7] 개리 로스트외 2인, "OpenCV 제대로 배우기", 한빛미디어, 2011
- [8] PING-SUNG LIAO외 2명, "A Fast Algorithm for Multilevel Thresholding", JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING 17, 713-727 (2001), 2001
- [9] 김태수, 전중창, "이동평균 영상처리기법을 이용한

금속판재 표면품질 정밀 측정시스템 연구”, 한국산업정보학회논문지 65, pp73-80, 2012년 6월

[10] 서병훈, “그림자가 있는 차량 번호판의 이진화”, 한국산업정보학회논문지 13(4), pp1-13, 2008년 12월



양 일 등 (Ill-Deung Yang)

- e-mail : fbiskr@naver.com
- 2002 청주대학교 컴퓨터정보공학과 공학사
- 2004 청주대학교 컴퓨터정보공학과 공학 석사
- 2010~현재 청주대학교 컴퓨터정보공학과 박사과정
- 관심분야 : 영상처리, 휴먼 네트워크



이 석 희 (Seok-Hee Lee)

- e-mail : netause@cju.ac.kr
- 2000년 청주대학교 컴퓨터정보공학과 공학사
- 2003년 청주대학교 전산정보공학과 공학석사
- 2010년 청주대학교 컴퓨터정보공학과 공학박사
- 2011년 한국교통대학교 의료정보공학과 외래교수
- 관심분야 : P2P, 그리드 컴퓨팅, 홈 네트워킹, 유비쿼터스 컴퓨팅, 이동 에이전트 S/W



김 성 열 (Seong-Ryeol Kim)

- e-mail : srkim@cju.ac.kr
- 1982년 숭실대학교 전자계산학과 공학사
- 1987년 숭실대학교 대학원 전자계산학과 공학석사
- 1992년 숭실대학교 대학원 전자계산학과 공학박사
- 1982년~1984년 한국전력공사 전자계산소 근무
- 1984년~1990년 오산대학 전자계산과 교수
- 1997년~1998년 호주 QUT ISRC 객원 교수
- 1990년~현재 청주대학교 컴퓨터정보공학과 교수
- 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 컴퓨터 보안, 분산 객체 시스템

논문 접수일 : 2012년 06월 04일

1차수정완료일 : 2012년 07월 16일

2차수정완료일 : 2012년 10월 08일

게재확정일 : 2012년 10월 08일