

등고선 벡터라이징을 위한 끊어진 등고선의 자동 연결 기법

(An Automatic Connection Scheme of Disconnected Contours for the Vectorizing of Contours)

전 일 수*
(Il-soo Jeon)

남 인 길**
(In-gil Nam)

요 약 본 논문에서는 등고선 자동 벡터화 시스템 개발을 위해 등고선의 끊어짐을 포함하는 스캔된 등고선 이미지에서 등고선을 연결하는 기법을 제안한다. 제안된 기법에서는 등고선의 세선화를 먼저 수행하고 나서 끊어진 선들을 연결한다. 등고선들은 끊어짐이 존재하면 끝점들을 가지므로 이들 끝점쌍들을 연속적으로 연결하여 하나의 등고선이 하나의 연결요소를 이루도록 연결한다. 제안된 기법은 효율적인 등고선 자동 벡터화 시스템을 개발하는데 적용될 수 있다.

Abstract This paper presents a contour connection scheme in a scanned contour image including broken lines for the developing of the automated contour vectorizing system. In the proposed scheme, the thinning of contours is performed, and then broken lines are connected. Contours have end points if there exist broken lines. Each pair of end points is connected repeatedly according to their status to be one connected component per contour. The proposed scheme can be applied to develop an efficient automated contour vectorizing system.

1. 서 론

GIS는 지리적 자료를 수집하여 입력, 저장, 분석, 출력을 할 수 있는 컴퓨터 응용 시스템으로, 최근 이의 응용이 날로 증가함에 따라 이에 대한 관심이 고조되고, 또한 여러 분야에서 GIS와 관련된 연구 및 제품들이 발표되고 있다[1].

GIS 응용에서는 지도상의 점, 선, 면 객체들이 식별될 수 있어야 하고 또한 이들 객체들은 속성 데이터베이스와 연결된 메카니즘을 가져야 한다. 이러한 공간 분석이 가능한 GIS는 래스터 지도만으로는 구현이 불가능하며 점, 선, 면 등을 식별할 수 있는 벡터지도가 필요하다. 흔히 GIS 응용 시스템에서는 주제도라 불리는 여러 개의 벡터

지도가 필요하다. 각종 주제도를 객체 식별이 가능한 벡터 지도로 작성하는 것은 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 각 주제도를 쉽고 빠르게 벡터 지도로 만들기 위해서는 수동적인 방법으로 벡터 지도로 만드는 대신 각종 주제도를 스캔한 래스터 지도로부터 자동 혹은 반자동으로 벡터화하는 시스템[2,3]을 사용하면 효율적으로 벡터 지도를 만들 수 있다.

등고선 주제도로부터 그것의 벡터 지도를 만들기 위해서는 스캐닝한 래스터 이미지 상의 등고선이 지도 제작자의 실수, 주제도 작성시 펜의 결함, 스캐너 환경 설정의 부적절함, 등고선 높이 표시를 위한 숫자부분 제거 등으로 인하여 등고선이 일부 소실되어 끊어졌을 경우 사람이 선을 그려주어야 할 것이다. 이러한 경우에 사람의 개입 없이도 등고선을 자동으로 그려줄 수 있는 등고선 자동 벡터화 시스템이 요구된다. 본 연구에서는 등고선 자동 벡터화 시스템에 사용될 수 있도록 하기 위하여 스캐닝된

* 경일대학교 공과대학 컴퓨터공학과 부교수
** 대구대학교 공과대학 정보통신공학부 교수

등고선 이미지에서 등고선의 끊어짐이 존재할 때 끊어진 부분에 자동으로 선을 그려 넣어 끊어진 등고선을 연결할 수 있는 기법을 제안한다.

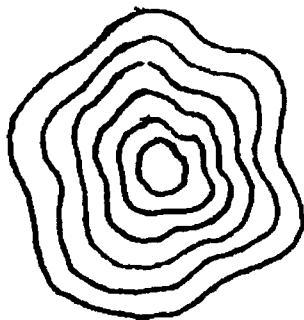
본 연구에서는 끊어진 등고선을 자동으로 연결하기 위하여 등고선 이미지에 대해 세선화를 수행하고, 세선화 결과에서 잡영에 해당하는 성분을 제거하고 연결요소를 조사 및 이용하여 소실된 부분의 선을 자동으로 그려준다. 등고선 이미지에 대해 먼저 세선화를 수행하는 것은 불필요한 정보의 양을 줄이고, 또한 형태 분석을 쉽게 하기 위해서이다.

본 논문의 2장에서는 등고선 벡터화 대해서 기술하였고, 3장에서는 본 연구에서 제안한 등고선의 연결 기법을 기술하였다. 4장에서는 제안된 방법을 구현하여 실험한 결과 및 고찰을 기술하였으며, 5장에서는 결론을 맺었다.

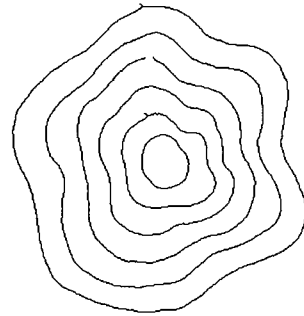
2. 등고선 벡터화

세선화는 입력 영상으로부터 구조적인 특징 추출을 위한 전처리 기법으로 많이 이용되어 왔으며 세선화 알고리즘에 대한 연구결과[4-8]는 많다. 이는 세선화를 함으로서 처리할 정보의 양이 줄고 또한 패턴 인식이나 분석이 훨씬 쉬워지기 때문이다. 세선화는 입력 영상의 형태를 잘 반영하면서 특징 추출에 별로 영향을 주지 않는 화소를 제거하여 두께가 1인 화소로써 그 특징 골격을 형성하는 작업을 말한다.

<그림 1>은 세선화를 설명하기 위해 세선화의 입력으로 사용된 등고선 도면의 예이고, <그림 2>는 <그림 1>을 세선화한 결과를 보여주고 있다.



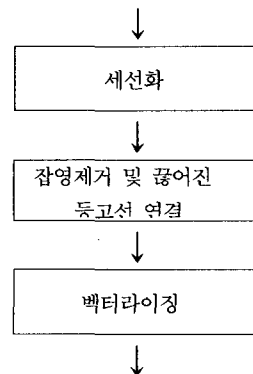
<그림 1> 등고선 도면



<그림 2> 그림 1의 세선화 결과 도면

등고선 래스터 이미지로부터 벡터 데이터를 생성하는 과정을 <그림 3>에서 개략적으로 나타내었다. 벡터화를 하기 위해 먼저 전처리 단계로 스캐닝한 등고선 래스터 이미지에 대해 세선화를 수행한다. 세선화 결과에는 일반적으로 <그림 2>에서 나타난 바와 같이 골격선의 특징과 무관한 잡영들이 존재한다. 이러한 잡영들은 제거되어야 한다. 세선화 결과에서 잡영을 제거하더라도 벡터라이징을 위해서는 하나의 폐곡선을 이루어야 할 등고선이 <그림 2>에서처럼 선의 끊어짐이 존재하면, 이들을 연결하여 하나의 등고선은 폐곡선을 이루도록 만들어야 한다. 그리고 각각의 등고선을 벡터라이징하여 벡터 데이터를 생성한다.

등고선 래스터 이미지



벡터 데이터 생성

<그림 3> 벡터 데이터의 생성 과정

3. 선 연결 기법

3.1 개요

등고선 벡터화를 위하여 스캐닝된 입력 도면에는 하나의 등고선이 폐곡선을 이루지 못하는 경우가 있는데 이것은 하나의 등고선 내에 부분적으로 선이 끊어진 경우이다. 등고선 내에 이러한 끊어짐이 존재하면 벡터화 시에 사람의 개입에 의해서 끊어진 부분을 연결하고 벡터화를 수행해야 하므로 벡터화는 귀찮고 시간을 요하는 작업이 된다. 본 연구에서는 등고선 자동 벡터화 시스템을 만들기 위하여 등고선 자동 벡터화에 장애가 되는 등고선의 끊어짐을 자동으로 연결해 주는 기법을 제안하였다.

본 연구에서는 선의 연결을 쉽게 하기 위해 세선화 결과에서 잡영에 해당하는 골격들을 먼저 제거하고, 다음으로 연결요소를 조사 및 이용하여 끊어진 선의 일부를 연결하여 하나의 등고선이 잡영이 없는 폐곡선을 이루도록 하는 기법이다.

실제 벡터라이징을 위한 등고선의 래스터 영상을 보면 <그림 2>에서처럼 소실된 등고선의 길이가 그렇게 길지 않다. 그러므로 소실된 부분을 자동으로 그려 넣을 때는 직선으로 그려도 별로 문제가 되지 않는다. 만약 소실된 부분의 길이가 길다면 직선으로 그려 넣게 되면 원래 등고선의 모양과 많이 다를 수 있으므로 이러한 경우는 그 등고선의 모양이나 주위 등고선의 모양을 보고 곡선 형태로 실제에 가깝게 그려 넣어주는 것이 바람직하다. 그러나 전술한 바와 같이 실제 등고선 벡터라이징을 위한 래스터 이미지에서는 끊어진 부분의 길이가 길지 않은 것이 대부분이므로, 본 연구에서는 끊어진 등고선을 직선으로 연결한다. 끊어진 부분의 연결을 용이하게 하기 위해 연결거리 한계치(D_t)를 사용하며, D_t는 인접한 두 등고선 사이의 폭보다 작게 설정하여 사용한다.

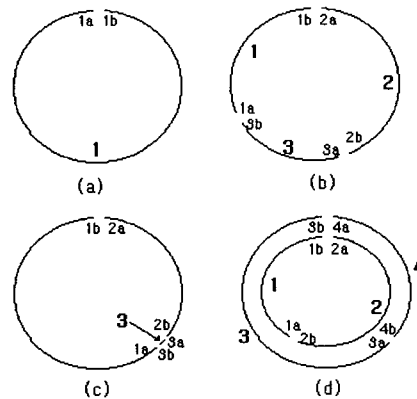


<그림 4> 높이 표시 숫자부분을 제거한 끊어진 등고선 이미지의 예

등고선의 끊어짐은 크게 두 종류로 나누어진다. 한 경우는 등고선 래스터 이미지에서 등고선 작성자의 실수와 펜의 잉크 결합에서 기인되는 것으로, 이 경우에 선의 끊어짐은 <그림 2>에서처럼 그 길이가 매우 짧다. 다른 경우는 스캐닝된 등고선 래스터 이미지에 높이를 나타내는 숫자가 존재하여 벡터라이징을 위해 숫자부분을 지우고 나면 <그림 4>와 같은 형태의 등고선 끊어짐이 존재하는 것으로, 끊어진 부분의 폭이 전자의 경우보다 훨씬 크다. 본 연구에서는 두 종류의 끊어짐을 다 연결하며, 끊어진 부분의 길이가 D_t 보다 작은 경우는 전자의 경우이고, D_t 보다 큰 경우는 후자의 경우로 간주한다.

3.2 선 연결 방법

세선화된 결과에서 하나의 등고선을 보면 선의 끊어짐이 없이 폐곡선을 이루는 경우와 오직 한 곳에서만 선의 일부가 소실되어 끊어진 경우는 하나의 연결요소가 된다. 만약 하나의 등고선에서 선의 끊어진 곳이 2곳 이상이면 끊어진 개수에 비례하여 연결요소의 수가 증가한다.



<그림 5> 끊어짐이 존재하는 등고선의 예

<그림 5>는 끊어진 등고선 연결 방법 설명을 위해 끊어짐이 존재하는 등고선들의 예를 나타내며, <그림 5>에서 굵게 표시된 숫자는 하나의 연결요소를 나타내고, 숫자와 알파벳으로 구성된 작은 글자는 각 연결요소의 두 끝점을 나타내고 있다. <그림 5>의 (a)에서처럼 한 등고선에서 선의 끊어짐이 한 곳에만 존재하면 그 등고선은 전술한 바와 같이 하나의 연결요소를 이루고, 두 끝점간의 거리는 D_t 보다 짧으며, 그 연결요소를 이루는 선의 길이는 D_t보다 크다. 이 경우에는 두 끝점을 바로 연결하면 된다.

그러나 <그림 5>의 (b)의 경우는 한 등고선 내에서 2

곳 이상 끊어진 경우에는 한 연결요소의 양 끝점간의 거리는 D_k 보다 길고 각 연결요소를 이루는 선의 길이도 D_k 보다 길다. 이러한 경우에는 양 끝점을 서로 연결하면 잘못된 결과를 초래하게 된다. 그러므로 이 경우는 한 연결요소의 끝점과 그 끝점으로부터 D_k 이내의 영역에 존재하면서 그 끝점으로부터 가장 가까운 거리에 있는 다른 연결요소의 끝점을 연결해야 한다. 이러한 방법으로 진행할 때 하나의 등고선이 n 개의 연결요소로 되어 있는 경우에 $n-2$ 번 연결을 하고 나면 <그림 5>의 (a)처럼 되며 이로부터 하나의 연결요소로 된 두 끝점을 연결하면 그 등고선은 끊어짐이 없는 폐곡선이 된다.

<그림 5>의 (c)의 연결요소 3에서처럼 한 연결요소에서 양 끝점간의 거리가 D_k 보다 작다하더라도 그 연결요소를 이루는 선의 길이가 D_k 보다 작을 경우에는 연결하면 잘못된 연결이 된다. 그러므로 그러한 경우는 그 연결요소의 한 끝점으로부터 가장 가까운 거리에 있는 다른 연결요소의 한 끝점과 연결하여 <그림 5>의 (a) 혹은 (b)의 형태로 만들어야 한다.

<그림 5>의 (d)는 등고선 높이표시 숫자부분을 제거한 형태를 포함하는 경우이다. 연결요소 1의 한 끝점인 1b의 경우를 예로 들어 보면 이 끝점은 연결요소 2의 한 끝점 2a와 연결되어야 하지만, 끝점 1b를 기준으로 D_k 이내에 존재하는 끝점이 존재하지 않으므로 끝점들이 연결되지 않는다. 끝점 2a, 4a, 그리고 8b도 마찬가지이다. 그러나 끝점 1a는 2b와, 끝점 3a는 4b와 각각 연결이 된다. 끊어진 부분의 거리가 D_k 보다 작은 끝점들을 모두 연결하고 나면 끊어짐이 존재하는 모든 등고선은 하나의 연결요소를 가지며 끊어진 부분의 거리는 D_k 보다 큰 것들이다. 여기서 끊어짐이 존재하는 각 연결요소의 양 끝점을 연결하면 모든 연결이 완성된다.

다양한 형태의 끊어짐이 존재하는 등고선 이미지로부터 자동으로 선을 연결하는 알고리즘은 다음과 같다.

- 단계 1. 세선화를 수행하고 그 결과에서 잡영을 제거한다.
- 단계 2. 끝점이 존재하는 모든 연결요소를 그것의 양 끝점과 함께 구한다.
- 단계 3. 연결요소를 이루는 선의 길이가 D_k 미만인 모든 연결요소에 대해 각 연결요소의 한 끝점으로부터 가장 가까운 거리에 있는 다른 연결요소의 끝점을 서로 연결하여 하나의 새로운 연결요소로 만든다.
- 단계 4. 끝점이 존재하는 모든 연결요소에 대해서 각 연결요소의 양 끝점 사이의 거리가 D_k 미만이고, 또한 그 연결요소의 선분의 길이가 D_k 이상이면 양 끝점을 연결한다.

단계 5. 끝점이 존재하는 연결요소가 없으면 단계 9로 간다.

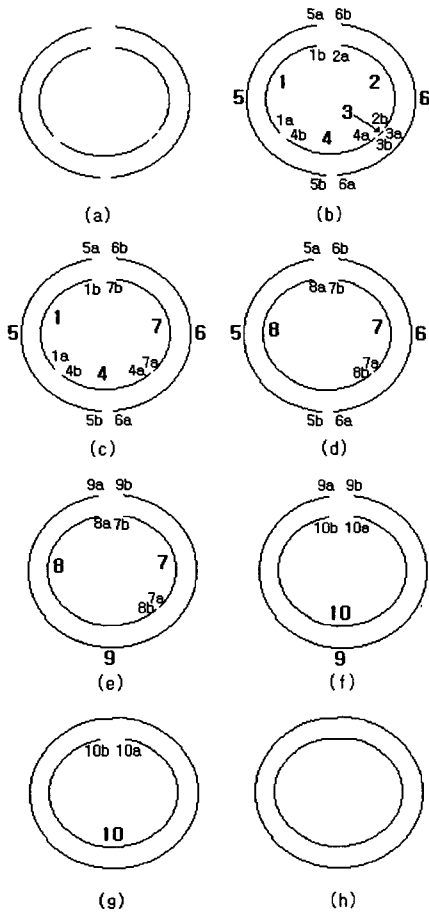
단계 6. 연결요소의 한 끝점으로부터 D_k 이내에 다른 연결요소의 한 끝점이 존재하는 연결요소가 있으면 단계 8로 간다.

단계 7. 끝점이 존재하는 모든 연결요소에 대해 각 연결요소의 양 끝점을 연결하고 단계 9로 간다.

단계 8. 연결요소의 양 끝점간의 거리가 D_k 이상이고, 또한 그 연결요소를 이루는 선의 길이가 D_k 이상인 모든 연결요소에 대해 각 연결요소의 한 끝점과 그로부터 D_k 이내에 존재하며 가장 가까운 거리에 있는 다른 연결요소의 한 끝점을 연결하고 단계 4로 간다.

단계 9. 결과를 출력하고 종료한다.

<그림 6>에서는 끝점들을 연결하여 끊어진 등고선을 연결하는 예를 보여주고 있다. <그림 6>의 (a)는 입력으로 사용되는 등고선 이미지의 예로 여러 곳에 끊어짐이 존재한다. <그림 6>의 (b)는 <그림 6>의 (a) 이미지에 대해 각 연결요소와 그것의 양 끝점을 구한 결과를 나타낸다. <그림 5>에서와 마찬가지로 크게 표시된 숫자는 하나의 연결요소를 나타내고 숫자와 알파벳으로 구성된 작은 글자는 각 연결요소의 두 끝점을 의미한다. <그림 6>의 (c)에서는 <그림 6>의 (b)에서 연결요소 3의 한 끝점인 3a와 연결요소 2의 한 끝점인 2b를 연결하여 새로운 연결요소 7을 만든 것을 나타내고 있다. 연결요소 3은 선분의 길이가 D_k 보다 작은 것으로 판단되어 양 끝점을 연결하지 않고 끝점 3a에서 가장 가까운 거리에 위치한 연결요소 2의 한 끝점인 2b와 연결되었다. <그림 6>의 (d)는 전단계에서 연결요소 1과 연결요소 4를 연결하여 연결요소 8을, <그림 6>의 (e)는 전단계에서 연결요소 5와 연결요소 6을 연결하여 연결요소 9를, <그림 6>의 (f)는 전단계에서 연결요소 7과 연결요소 8을 연결하여 연결요소 10을 만든 것을 각각 나타낸다. <그림 6>의 (g)는 전 단계에서 연결요소 9의 양 끝점을 연결한 것을, <그림 6>의 (h)는 전단계에서 연결요소 10의 양 끝점을 연결하여 끊어진 곳이 모두 연결된 모양을 나타낸다.



<그림 6> 끊어진 등고선을 연결하는 예

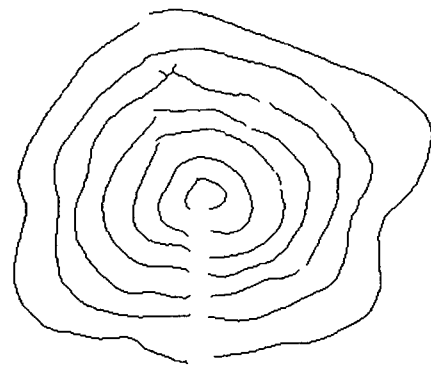
4. 실험 및 고찰

제안된 기법의 유용성을 알아보기 위해 텔파이로 제안된 기법을 구현하여 실험하였다. <그림 7>은 실험에 사용된 끊어짐이 존재하는 등고선 도면이다. 이 도면에는 사람이 실제로 도면을 그릴 때 발생할 수 있는 등고선의 끊어짐과 펜의 잉크 결합으로 발생할 수 있는 선의 끊어짐이 존재한다. 그리고 한 연결요소의 선분의 길이가 연결거리 한계치 이하인 경우도 존재하고, 또한 등고선을 스캔한 래스터 이미지에 등고선의 높이를 나타내는 숫자의 제거로 말미암은 선의 끊어짐도 고려되었다. <그림 8>은 <그림 7>을 세선화한 결과를 나타내었다. <그림 9>는 <그림 8>에서 잡영 가지를 제거된 그림이고, <그림 10>은 제안된 기법에 의해 끊어진 등고선이 완전히

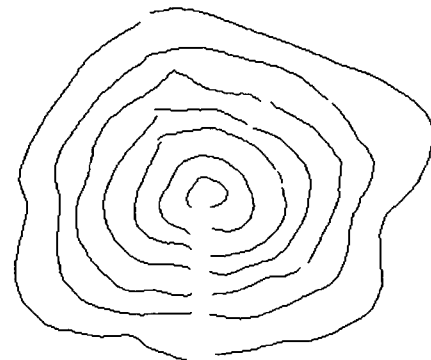
연결된 그림이다.



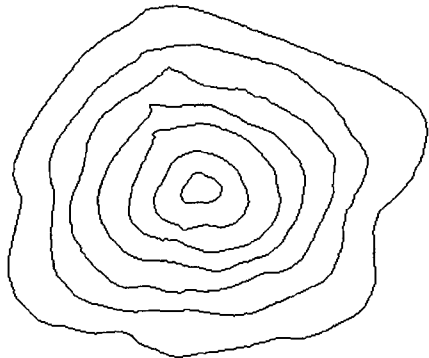
<그림 7> 입력 등고선 도면



<그림 8> 그림 7의 세선화 결과 도면



<그림 9> 그림 8에서 잡영 가지를 제거한 도면



<그림 10> 끊어진 등고선을 연결한 도면

<그림 10>에서 알 수 있듯이 제안된 기법은 폐곡선을 이루지 못하고 선의 끊어짐이 존재하는 등고선 도면에 대해 실험한 결과 끊어진 부분을 잘 연결함을 알 수 있고, 또한 세선화 결과에서 잡영 가치를 제거하기 때문에 골격선의 품질이 우수함을 알 수 있다. 그리고 본 연구에서 제안된 기법은 등고선 자동 벡터화 시스템 구현시 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구는 도면의 자동 벡터화를 가능케 하기 위하여 입력 등고선의 소실된 부분에 자동으로 선을 그려 넣어 끊어진 등고선을 연결할 수 있는 기법을 제안하였다. 제안된 기법에서는 끊어짐이 존재하는 등고선 이미지에 대해 먼저 세선화를 수행하고, 그 결과에서 잡영에 해당하는 성분을 제거한 후 끝점이 존재하는 연결요소를 조사 및 이용하여 소실된 부분의 선을 자동으로 연결한다.

제안된 기법을 구현하여 실험한 결과 등고선 도면 작성자의 실수나 펜의 결함으로 부분적으로 존재하는 등고선의 끊어짐과 등고선 높이를 나타내는 숫자 부분의 제거로 인한 등고선의 끊어짐에 대해 자동으로 잘 연결함을 확인하였다. 또한 제안된 기법에서는 세선화 결과에서 잡영 가치를 제거하기 때문에 골격선의 품질 또한 우수함을 알 수 있었다. 본 연구에서 제안된 기법을 기존의 등고선 벡터화 시스템에 적용하면 효율적인 등고선 자동 벡터화를 수행할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 전일수, 원남식, 부기동, "도면 자동 벡터화를 위한

선의 굵기 인식이 가능한 세선화의 전처리 기법", 한국 지리정보학회지, 제 2권 2호, pp. 1-8, 1999.

[2] 이경호, 김광수, 조성배, 최윤철, "지리정보시스템의 자동 벡터화를 위한 지식기반 시스템", 정보과학회논문지(B) 제 25권 제 1호, 1998.

[3] 김기순, 김준식, "지도 영상에서 도로정보 자동추출 알고리즘", 정보처리논문지, 제 7권 제 8호, 2000.

[4] 원남식, 손윤구, "4-인접 연결값을 이용한 병렬 세선화 알고리즘", 정보과학회논문지 제 22권 제 7호, pp. 1047-1056, 1995.

[5] 원남식, 손윤구, "8-이웃 연결값에 의한 병렬 세선화 알고리즘", 정보처리논문지 제 2권 제 5호, 1995.

[6] T.Y. Zang and C.Y. Suen, "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns," Communication of the ACM, Vol. 27, no. 6, Mar. 1984.

[7] Lu, H.E., Wang, P.S., "An Improved Fast Parallel Thinning Algorithm for Digital Patterns," In Proc. of the IEEE Conf. On Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 364-367, 1985.

[8] A.D. Mandalia, A.S. Pandya, R. Sudhaker, "Modified fast parallel thinning algorithm for noisy handprinted characters," 92 Proceedings of the 2ND Singapore International Conf. on Image Processing, pp. 7-11, Singapore, Sep. 1992.



전 일 수

1984년 경북대학교 전자공학과(학사)
1988년 경북대학교 대학원 전자공학과
(공학석사)
1995년 경북대학교 대학원 전자공학과
(공학박사)
1984년~1985년 삼성전자(주)
1989년~현재 경일대학교 컴퓨터공학과

부교수

관심분야 : 문자인식, 데이터베이스, GIS



남 인 길

1978년 경북대학교 전자공학과(공학사)

1981년 영남대학교 대학원 전자공학과
계산기전공(공학석사)

1992년 경북대학교 대학원 전자공학과
전산공학 전공(공학박사)

1878년~1980년 대구은행 전산부

1980년~1990년 경북산업대학 전자계산학과 부교수

1990~현재 대구대학교 정보통신공학부 교수

1996년~1997년 미국 루이지애나 주립대학 교환교수

관심분야 : 데이터베이스, GIS, 이동컴퓨팅