

複雜한 影像으로 부터의 線形 特徵 抽出

(Linear Feature Detection from Complex Scene Imagery)

宋 五 永*, 石 玟 秀**

(Oh Young-Song and Min Soo Suk)

要 約

직선 및 곡선과 같은 선형 특징은 영상 처리에 있어 중요한 특징중의 하나이다. 본 논문에서는 의미있는 선형 특징의 새로운 기법이 제안된다.

이 기법은 그래프 이론의 미니멀 스패닝 트리를 이용하여 경계점들을 연결하고 그 다음, 헤어(의미없는 잔 가지)와 불합리한 선분을 제거한다. 이와 같이 추적된 선형 특징을 근사화 묘사하기 위하여 부분 선형 근사화를 수행한다.

본 논문에서 제안된 기법으로 실험을 수행하여 그 결과를 보여 주었다.

Abstract

Linear feature such as lines and curves are one of important features in image processing. In this paper, new method of linear feature detection is suggested. Also, we have studied approximation technique which transforms detected linear feature into data structure for the practical.

This method is based on graph theory and principle of this method is based on minimal spanning tree concept which is widely used in edge linking process. By postprocessing, Hairs and inconsistent line segments are removed.

To approximate and describe traced linear feature, piecewise linear approximation is adapted. The algorithm is demonstrated through computer simulations.

1. 序 論

선형 특징과 영상 영역화로부터 추출된 특징은 근래의 콤퓨터화 영상 인식 시스템 혹은 기계적 영상 시스템에서 자주 사용하는 특징들이다.

본 논문에서 경계점들로부터 선형 특징을 추출하는

새로운 기법을 제안한다.

선형 특징 추출에 관하여 많은 연구가 되어 왔으며 이러한 연구들은 다음과 같이 분류될 수 있다.

1. 부분적 선분추출기(local line detector)를 사용하는 기법^{[1],[2]}
2. Hough 변환을 이용한 기법^[3]
3. 경험적 기법^[4]

그러나 이 분야의 많은 연구와 각 기법들의 비교 연구에도 불구하고 대부분의 기법들은 복잡한 영상에는 잘 적용될 수 없었다. 본 논문에서 제안한 기법은 그래프 이론^[5]을 이용한 기법으로서 숫자화된 영상을 입력으로 사용하여 시뮬레이션한 결과를 통하여 복잡

*正會員, 국방부
(Dept. of the Ministry of National Defence)

**正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科
(Dept. of Electrical Engineering, KAIST)

接受日字: 1982年 8月 14日

한 영상에도 잘 적용되며 직선은 물론 곡선도 잘 추적할 수 있음을 보여 주게 된다.

숫자화된 영상 입력으로부터 추출된 경계점들이 갖는 정보는 2차원 공간에서의 좌표 형태이다. 이러한 정보는 영상 인식 시스템에 의미를 주지 못하므로 이 정보로부터 선형 특징 추출을 수행하여 이 정보를 컴퓨터 처리가 용이한 보다 고차원적인 형태로 바꿔줘야 한다. 이 선형 특징 추출 기법은 경계점들에 대해서 L2-메트릭 디스턴스(L2-metric distance)를 사용하여 미니멀 스패닝 트리를 구성시켜 줌으로써 이 경계점들을 그 분포에 따라서 연결시켜 준다. 이 개념을 설명하기 위해 예를 들 것이다. 가옥영상(128×128, 256단계로 명암에 따라 숫자화된 영상)으로부터 소벨 추출기(Sobel operator)에 의해 추출한 경계점들의 분포를 그림 1(a)에 보여 준다. 그 경계점들에 대해서 미니멀 스패닝 트리를 구성시켜 준 결과를 그림 1(b)에 보여 준다. 그림 1(b)에 보인 기본적인 선형 구조는 그림 1(a)의 경계점들에 대해 인간이 느끼는 것과 유사함을 관찰할 수 있다. 이렇게 구성된 미니멀 스패닝 트리에서 헤어라 불리는 잔가지를 제거하고 거리값이 큰 가지들을 제거함으로써 선형 특징으로 추출하기에는 불합리한 선분들을 없앤다. 이에 대한 자세한 설명은 계속되는 다음의 절에서 할 것이다.

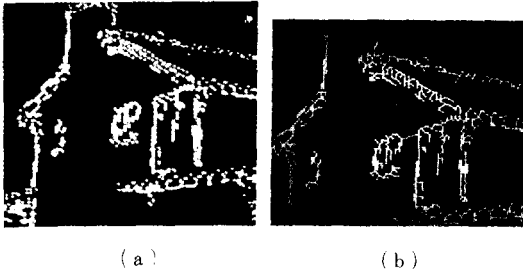


그림 1. (a) 가옥영상으로부터 소벨 추출기를 사용하여 추출한 경계점들 (b) (a)에 보인 경계점들의 미니멀 스패닝 트리

Fig. 1. (a) Edges of house image by sobel operator. (b) Minimal spanning tree of (a).

미니멀 스패닝 트리를 찾는 약간의 알고리즘중에서 Prim의 알고리즘^[7]과 Kruskal의 알고리즘^[8]이 널리 사용된다. 전자는 후자에 비해서 컴퓨터 효율면에서 유리하다. 후자는 모든 가지의 예비 분류가 필요하며 각각의 계산 단계마다 케회로의 유무를 조사해야 한다. 반면에 후자는 각각의 가지를 오직 한번 조사하며 콤

퓨터 기억 장치에 오직 n개의 마디(nodes)만 입력시킨다. 여기서 n은 주어진 그래프의 마디의 숫자이다. 본 논문에서는 Prim의 알고리즘을 사용하였다.

다음의 절에서는 전체 영상에 근거한 선형 특징 추출 기법에 대하여 상세히 기술할 것이다. 그러나 이 기법은 경계점이 많을 때 컴퓨터 소비 시간면에서 비효율적일 수 있다. III절에서는 기본적인 방법은 같으나 각각의 창문(window)내에서 선형 특징 추출을 수행한 후 전체적으로 편집하는 기법을 소개한다. IV절에서는 양 기법을 실험한 결과를 보여 줄 것이다.

II. 전체 영상에 근거한 선형 특징 추출

1. 개 관

전체 영상에 근거한 선형 특징 추출에 관한 블록 다이어그램을 그림 2에 보인다. 첫번째로 경계점들이 숫자화된 영상 입력으로부터 추출된다. 경계점 추출에 대하여는 소벨 추출기^[8]와 같이 간단한 것에서부터 홍^[9]에 의해 제안된 기법까지 여러 알고리즘이 있다. 소벨 추출기에 의해 추출된 경계점은 그 구조가 두껍게 나타나며 잡음이 많은 영상에 적용될 때 빈약한 결과를 보여 준다. 그러나 홍^[9]은 기법 자체가 다소 복잡하긴 하나 통계적 방법에 의해 이러한 문제를 해결하였다. 본 논문의 기법을 실험하기 위해 소벨 추출기와 홍의 기법에 의해 추출된 경계점들을 우리의 연구에 적용하였다.

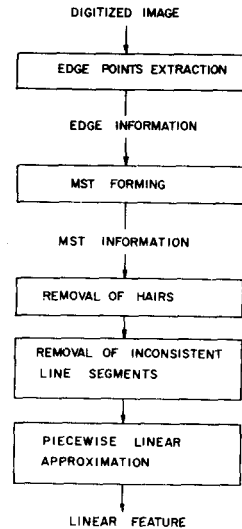


그림 2. 전체 영상에 근거한 선형 특징 추출의 블록 다이어그램

Fig. 2. A block diagram of linear feature detection based on whole image.

경계점은 선형 특징으로서 추출되기 전에 연결되어야 한다. 이러한 경계점의 연결은 주어진 경계점에 대해서 부분적으로 적응성이 강한 자동화 상호 연결의 필요성이 중요한 요인이 된다. Zahn^[10]은 형태 집단 (gestalt cluster)를 찾는 문제에 미니멀 스패닝 트리를 성공적으로 사용하였다. 선형 특징 추출은 2차원 공간에서의 집단화 문제와 유사하므로 미니멀 스패닝 트리는 경계점들의 연결에 유용한 도구가 될 수가 있다.

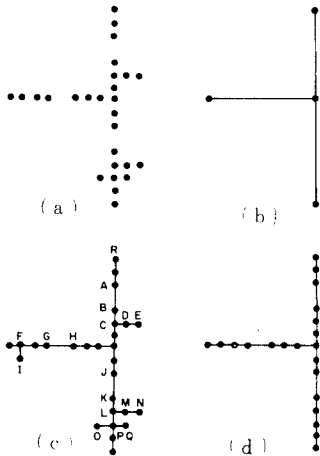


그림 3. (a) 틈과 헤어가 있는 경계점들, (b) 선형 특징과 끝점, (c) 헤어가 있는 (a)의 미니멀 스패닝 트리, (d) 헤어가 제거된 미니멀 스패닝 트리

Fig. 3. (a) original edge points with gaps and hairs, (b) Linear feature and end points, (c) MST of (a), (d) MST without hairs.

그림 3 (a)에서 보는 바와 같이 숫자화된 영상 입력으로부터 추출된 경계점은 일반적으로 (AB), (GH), (JK)와 같은 틈 (gap)과 D, E, I, M, N, O, Q, 와 같은 헤어를 포함하고 있다. 이것들은 영상내에 포함된 잡음이나 경계점 추출 기법의 불완전함때문에 야기된다. 그림 3 (b)에 보인 결과는 인간의 인식에 의해 얻어 질 수 있는 선형 특징이다. 이런 결과를 얻기 위한 경계점 연결의 도구로써 미니멀 스패닝 트리를 도입할 것이다. 미니멀 스패닝 트리를 계산할 때 틈은 연결되거나 (CDE), (FI), (LMN), (OP), (PQ)와 같은 많은 헤어들이 발생된다. 또한 간격이 큰 틈은 미니멀 스패닝 트리를 형성시킬 때 연결된다. 이러한 것들은

선형 특징이라고 볼 수 없으므로 제거되어야 한다. 그림 (c)는 그림 3 (a)에 보이는 경계점들에 대하여 미니멀 스패닝 트리를 형성시켜 준 결과이다. 그림 3 (d)는 차수가 2인 헤어를 제거한 그래프를 보여 준다. 이 결과를 수학적으로 표현하기 위해 굴곡점을 따라서 순서대로 정돈된 목록으로 바꾼 후에 부분 선형 근사화를 수행한다. 다음의 각 소절에서는 이 기법을 단계적으로 설명할 것이다.

2. 경계점 연결

본 논문에서 경계점 연결의 도구로서 미니멀 스패닝 트리를 사용하며 미니멀 스패닝 트리를 형성시킴에 있어 Prim의 알고리즘이 사용되었다. 미니멀 스패닝 트리는 근접 마디 목록 (node adjacency list)으로 표현되었다. 이런 방식에 의한 경계점 연결은 다음과 같은 두 가지의 고려 사항이 있다.

첫째, 모순이 없는 선형 구조를 얻기 위해서는 헤어들을 미니멀 스패닝 트리에서 제거해야 한다. 이러한 헤어의 제거는 소절 3에서 기술할 것이다. 둘째, 간격이 비교적 큰 틈은 제거되어야 한다. 이러한 틈의 제거는 소절 4에서 기술할 것이다.

3. 헤어의 제거

헤어는 주로 경계점 추출 기법의 불완전으로 인한 두꺼운 경계 형태와 영상 입력에 포함된 잡음때문에 발생한다. 이러한 헤어를 제거함으로써 잡음에 의해서 나타난 경계점들을 제거하고 두꺼운 경계 형태를 얇은 경계로 바꿔 주는 효과를 얻을 수 있다.

이 알고리즘을 설명하기 전에 다음의 용어들을 정의한다.

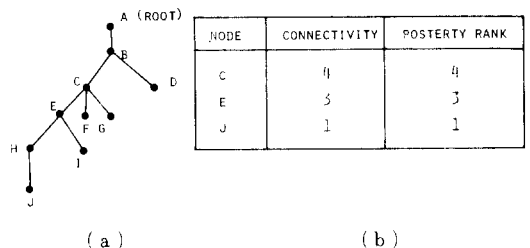


그림 4. 예제

- (a) 뿌리 (root) A 를 갖는 트리
- (b) 정의

Fig. 4. Example.

- (a) Tree with root A.
- (b) Terms.

정의 1 ; 연결도(connectivity)

어떤 경계점의 연결도란 그 경계점에 연결된 가지(branch)의 갯수를 말한다.

정의 2 ; 세대 순위(posterity rank)

어떤 경계점의 세대 순위란 그 경계점과 연결도가 1인 그 경계점의 후손(posteriorities) 중에서 가질 수 있는 최대 순위차(maximum level difference)에 1을 가산한 값을 말한다.

예를 들어 그림 4에 보인 A를 뿌리로 갖는 트리(tree)를 고려하자. 경계점 E의 연결도는 3이며 I, J, F의 연결도는 1이다. 경계점 E의 세대 순위를 결정해 보자. 연결도가 1인 E의 후손은 I와 J이며 J의 순위는 I의 순위보다 작다. 그러므로 E와 J의 순위차가 최대이므로 E의 세대 순위는 그림 4(b)에 보여 지는 바와 같이 3이 된다. 헤어 제거 알고리즘은 다음과 같이 묘사된다.

알고리즘- 헤어제거

입력 : 트리에 관한 정보, 이 정보는 근접 마디 목록(node adjacency list)로 되어 있다.

헤어의 찾수(H)

출력 : 찾수가 H인 헤어가 제거된 트리에 관한 정보, 이 정보도 근접 마디 목록으로 되어 있다.

1) 세대 순위가 H + 2보다 작은 경계점들을 제거한다. 여기서 세대 순위는 계산될 필요가 없으며 단계 1에 의해서 제거한다.

단계 1 ;

1. 1. 각 경계점의 연결도 목록을 작성한다.
1. 2. $m \leftarrow 0$
1. 3. while $m \leq H + 1$ do
1. 4. 연결도 목록을 조사하여 연결도가 1인 경계점을 찾아 그것을 트리로부터 제거하고 그 경계점의 연결도를 0으로 치환하고 그 경계점의 아버지(father-edge)의 연결도를 1만큼 감소하여 연결도 목록에 다시 기억시킨다.
1. 5. $m \leftarrow m + 1$
1. 6. repeat 1. 3
1. 7. end. (단계 1)

2) 단계 2에 의해, 제거된 가지들의 경계점에 고유번호(label)를 붙인다.

단계 2 ;

2. 1. $N \leftarrow H + 2$
2. 2. 근접 마디 목록을 조사하여 아버지의 연결도가 0이 아니고 자의 연결도가 0인 가지를 찾아서 그 가지의 아버지는 N의 고유번호를 붙이고 자에게는 N - 1의 고유번호를 붙인다. 그 정보는 고유번호 목록에 기억된다.

2. 3. $N \leftarrow N - 1$
 2. 4. while $N \geq 2$ do
 2. 5. 근접 마디 목록을 조사하여 아버지의 고유번호가 N인 가지를 찾아서 그 가지의 자가 존재한다면 그 자에 N - 1의 고유번호를 붙인다
 2. 6. $N \leftarrow N - 1$
 2. 7. repeat 2. 4
 2. 8. end. (단계 2)
- 3) 단계 3에 의해, 고유번호가 1인 경계점에서 고유번호 H + 2인 경계점으로 추적하면서 완전히 추적된 가지를 다시 연결한다.

단계 3 ;

3. 1. $N \leftarrow 1$
3. 2. 근접 마디 목록을 조사하여 고유번호가 1인 경계점을 찾고 그 경계점의 아버지와 연결한다. 그 두 경계점의 연결도가 1만큼 증가하였으므로 연결도 목록에 바뀐 내용을 기억시킨다.
3. 3. while $N \leq H + 1$ do
3. 4. $N \leftarrow N + 1$
3. 5. 근접 마디 목록을 조사하여 고유번호가 N이고 연결도가 0이 아닌 경계점을 찾아서 그 경계점의 아버지와 연결하고 두 경계점의 연결도가 1만큼 증가하였으므로 연결도 목록에 바뀐 내용을 기억시킨다.
3. 6. repeat 3. 3
3. 7. end (단계 3)

그림 5(a)에 보인 트리에서 찾수가 2인 헤어, 즉 마디 A, B, C를 위에 기술한 헤어 제거 알고리즘

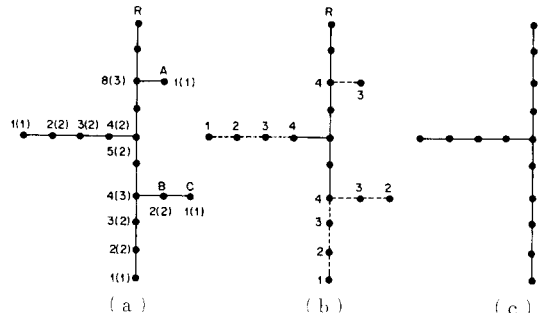


그림 5. 찾수가 2인 헤어 제거 (a)세대 순위를 보여 준 트리, (b)고유번호, (c)(1, 2, 3, 4)의 고유번호의 열을 갖는 경계점을 재연결

Fig. 5. Removal of hairs of order of 2. (a) Tree with posterity rank, (b) Labelling, (c) Reconnecting the only edges that have label sequence (1, 2, 3, 4).

에 의해 제거하는 절차를 그림 5에서 도식적으로 설명한다. 그림 5 (a)에 보인 마디들에 붙인 번호는 각 마디의 세대 순위를 뜻하며 ()안의 번호는 각 마디의 연결도를 뜻한다. 단계 1에 기술된 절차에 의해 세대 순위가 $H + 2$, 즉 4보다 작은 마디들이 제거되어 그림 5 (b)에 보이는 그래프가 된다. 점선으로 표시된 가지는 제거되었음을 나타내 준다. 단계 2에 의해 제거된 마디에 고유번호를 붙인다. 그림 5 (b)의 각 마디에 붙인 번호는 그 마디의 고유번호이다. 단계 3에 의해 (1, 2, 3, 4)의 고유번호의 열을 구성하는 가지들을 연결시키면 그림 5 (c)에 보인 결과를 얻는다. 결국 그것은 첫수가 2인 헤어 A, B, C를 제거한 그래프가 된다.

4. 불합리한 선분의 제거

헤어가 제거된 상태에서 거리(distance)가 비교적 큰 가지들이 존재할 수 있다. 즉 미니멀 스패닝 트리는 연결화 그래프(connected graph)이므로 큰 틸도 연결되어 트리의 가지들로 나타날 수 있다. 이러한 가지들은 직선 및 곡선으로 추적되어서는 안될 불합리한 선분이므로 제거되어야 한다. 이것은 거리가 기준값(threshold value)인 T보다 큰 가지들을 제거함으로써 수행된다. 우리는 실험적으로 가지들의 거리의 분포가 정규 분포 곡선의 우측의 반과 유사함을 관찰하였다. 기준값 T를 $U + Ka \times Si$ 로 선택하여 실험하였는데 타당한 결과를 얻었다. 여기서 U는 가지들의 거리의 산술 평균값이며 Si는 가지들의 거리의 표준편차이다. Ka는 경계점들의 구조에 의해서 결정되어지는 값이다. 洪의 방법에 의해 잡음이 없는 영상은 물론 잡음이 있는 영상으로부터 추출된 다음 헤어가 제거된 경계점들의 구조는 틸이 거의 없는 가느다란 선으로 보인다. 반면에 소벨 추출기에 의해 추출된 경계점들의 구조는, 잡음이 없는 영상이 사용되고 소벨 추출기에서 사용되는 기준값이 잘 조절되었을지라도, 많은 틸을 포함하므로 가느다란 선이라기 보다는 일련의 점들로 보인다. 洪의 방법이 사용될 때 가지들의 거리의 분포는 좁고 높게 나타나므로 Ka는 비교적 작은 값 0.5~1.5로 선택하는 것이 좋으며 소벨 추출기가 사용되었을 때는 비교적 큰 값인 1.2~3.0의 범위에서 선택하는 것이 좋다.

5. 부분 선형 근사화

추적된 선형 구조를 교차점을 분기점으로 사용하여 분할한다. 이러한 선형 구조가 패턴 인식의 분석으로 이용되기 위해서는 근사화와 묘사에 의해 보다 수학적인 형태로 표시되어야 한다. 본 논문에서는 근사화 방

법으로 Ramer^[11]의 부분 선형 근사화(piecewise linear approximation)을 사용하였다. 이 기법은 비교적 간단하나 거치는 경계점(wild point)에 민감한 단점이 있다. 그러나 거치는 경계점의 대부분은 헤어의 제거와 불합리한 선분의 제거와 같은 처리 과정에서 제거 되었으므로 이 기법이 유리하게 사용될 수 있다.

III. 부분적 창문에 근거한 선형 특징 추출

미니멀 스패닝 트리를 형성할 때 사용된 Prim의 알고리즘의 시간 복잡도(time complexity)가 n^2 이므로 컴퓨터 시간은 n이 증가함에 따라 비선형적으로 증가한다. 여기서 n은 경계점의 갯수이다. 즉, 영상의 크기가 커짐에 따라 전체 영상에 근거한 선형 특징 추출 기법은 컴퓨터 시간면에서 비효율적일 수 있다. 이러한 비효율성을 개선하기 위해 부분적 창문에 근거한 선형 특징 추출 기법을 제안한다. 그것의 블록 다이어그램은 그림 6에 보인다. 영상의 전체가 처리될 때까지 II절에서 설명된 헤어의 제거와 불합리한 선분의 제거가 연속적으로 중복되어 주어지는 창문내에서 반복적으로 수행된다. 그림 7에 이러한 창문을 보인다. 각 창문은 겹치었으므로 어떤 가지는 중복되어 형성될 수 있다. 이러한 가지들의 중복을 피하기 위해 편집과정(editing)에서 중복된 것들 중에서 하나의 가지만 남기고 모두 제거한다. 그 다음 부분 선형 근사화를 수행한다.

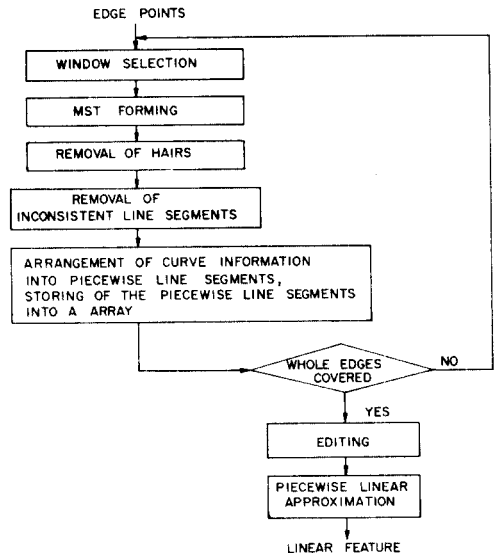


그림 6. 부분적 창문에 근거한 선형 특징 추출의 블록 다이어그램

Fig. 6. A block diagram of linear feature detection technique based on local windowing.

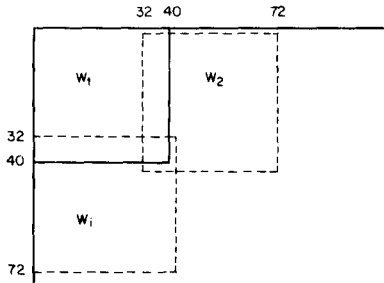


그림 7. 창 분
Fig. 7. Window

본 절에서 설명한 기법은 전 절에서 설명한 기법의 직선 및 곡선의 추출 능력을 유지하면서 그 기법의 비효율성을 개선한다. 다음 절에서는 시뮬레이션 결과를 보여 준다.

5. 결 과

두 가지 기법들은 다음과 같은 3 개의 입력 변수가 필요하다.

- 1) 제거되어야 할 헤어의 숫자
그것은 H로 약자화 된다.
- 2) 불합리한 선분의 제거에서 선택되어야 할 비례상수 $K\alpha$
- 3) 부분 선형 근사화 수행에서 선택되어야 할 근사화 계수 $Etol$

위 변수들은 경계점 추출 기법의 특성, 입력 영상의 선형 구조의 복잡성, 잡음의 포함정도, 선형 특징의 응용 분야에 따라서 결정되어야 한다. 실험에서는 선형 특징이 인간의 인식과 부합할 수 있도록 변수의 값을 적절하게 선택하였으며 양 기법을 비교하였다.

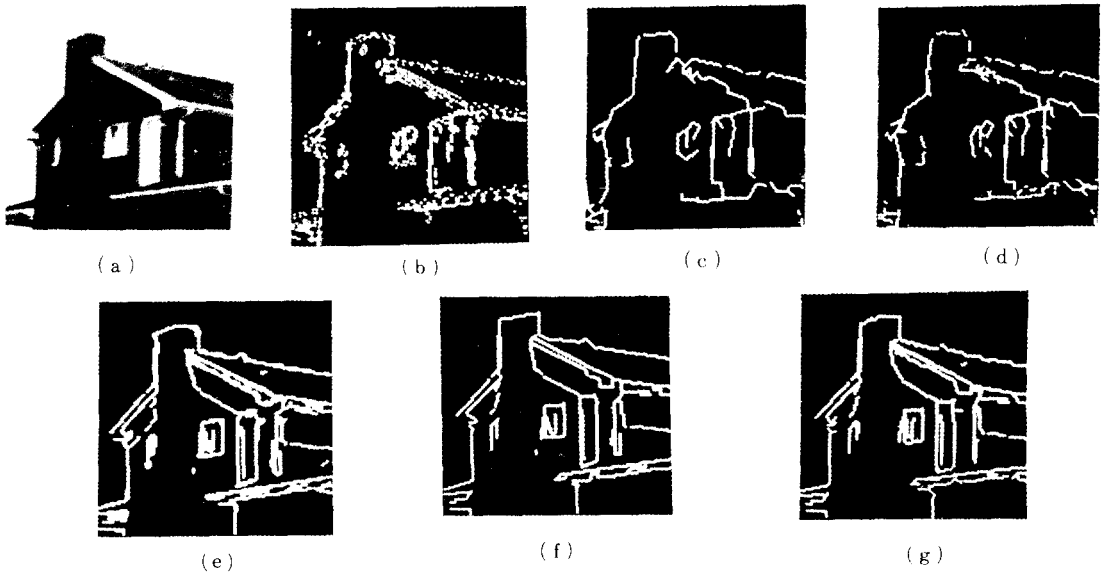


그림 8. (a)가옥영상, (b)소벨 추출기에 의한 경계점 추출(기준값=170), (c)전체 영상에 근거한 (b)의 선형 특징 추출($H=6, K\alpha=2.4, Etol=2.0$), (d)부분적 창문에 근거한 (b)의 선형 특징 추출($H=6, K\alpha=1.1, Etol=2.0$), (e)홍의 기법에 의한 (a)경계점 (기준값=3), (f)전체영상의 근거한 (e)의 선형 특징 추출($H=8, K\alpha=1.2, Etol=1.7$), (g)부분적 창문에 근거한 (e)의 선형 특징 추출($H=6, K\alpha=0.5, Etol=2.0$)

Fig. 8. (a) House image, (b) Edge output of (a) by sobel operator (threshold=170), (c) Linear feature detection of (b) based on whole image ($H=6, K\alpha=2.4, Etol=2.0$), (d) Linear feature detection of (b) based on local windowing ($H=6, K\alpha=1.1, Etol=2.0$), (e) Edge output of (a) by Hong's method (threshold=3), (f) Linear feature detection of (e) based on whole image ($H=8, K\alpha=1.2, Etol=1.7$), (g) Linear feature detection of (e) based on local windowing ($H=6, K\alpha=0.5, Etol=2.0$).

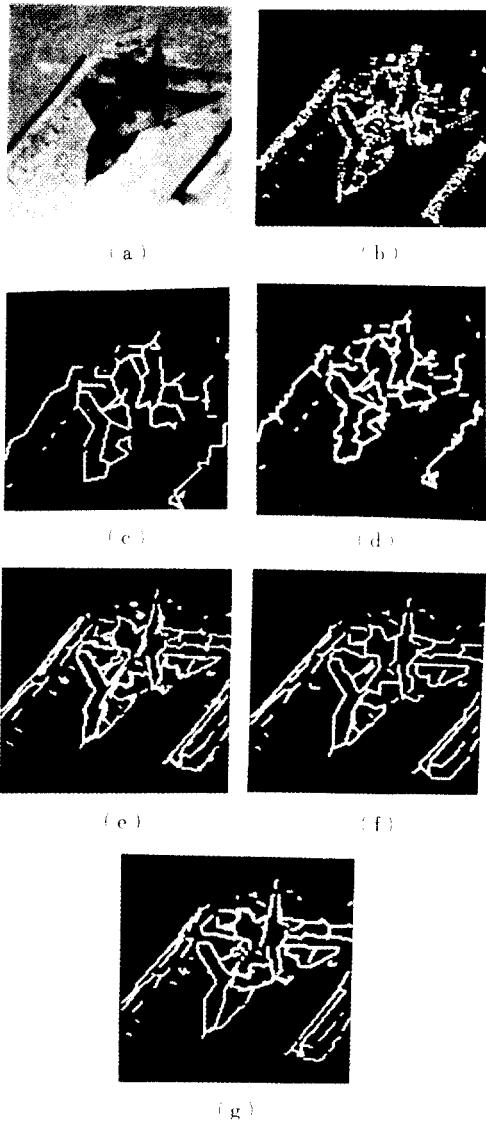


그림 9. (a) 비행기 영상, (b) 소벨 추출기에 의한 (a)의 경계점 (기준값=170), (c) 전체 영상에 근거한 (b)의 선형 특징 추출 ($H=6, K\alpha=1.7, Etol=2.4$), (d) 부분적 창문에 근거한 (b)의 선형 특징 추출 ($H=6, K\alpha=1.7, Etol=1.5$), (e) 홍의 기법에 의한 (a)의 경계점 (기준값=3), (f) 전체 영상에 근거한 (e)의 선형 특징 추출 ($H=6, K\alpha=0.5, Etol=2.0$), (g) 부분적 창문에 근거한 (e)의 선형 특징 추출 ($H=4, K\alpha=0.5, Etol=1.4$)

Fig. 9. (a) Airplane image, (b) Edge output of (a) by Sobel operator (threshold=170), (c) Liner feature detection of (b) based

on whole image ($H=6, K\alpha=1.7, Etol=2.4$), (d) Linear feature detection of (b) based on local windowing ($H=6, K\alpha=1.7, Etol=1.5$), (e) Edge output of (a) by Hong's method (threshold=3), (f) Linear feature detection of (e) based on whole image ($H=6, K\alpha=0.5, Etol=2.0$), (g) Linear feature detection of (e) based on local windowing ($H=4, K\alpha=0.5, Etol=1.4$).

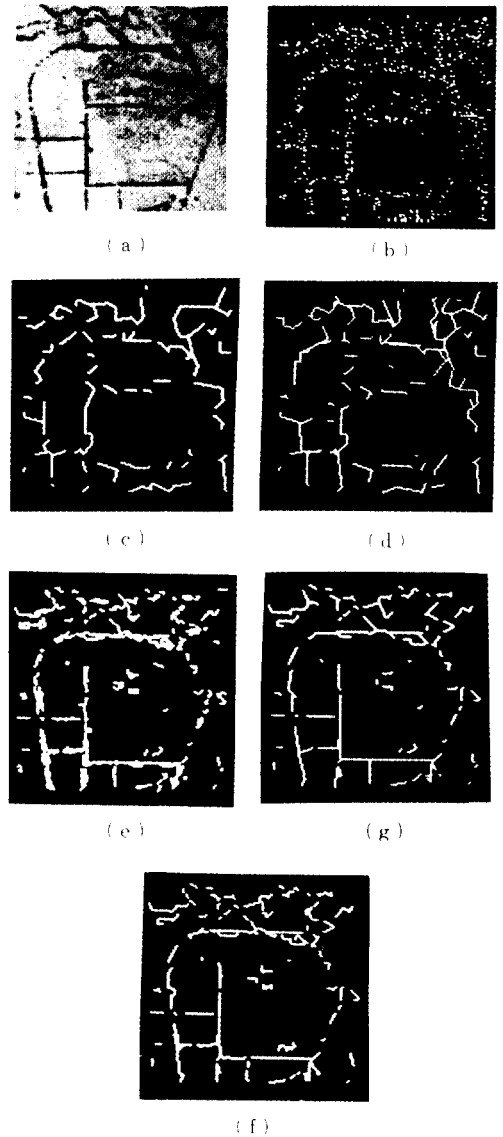


그림 10. (a) 레이더 영상, (b) 소벨 추출에 의한 (a)의 경계점 (기준값=230), (c) 전체 영상에 근거한 (b)의 선형 특징 추

출($H=5$, $K\alpha=1.3$, $Etol=2.6$),
 (d)부분적 창문에 근거한 (b)의 선형 특징
 추출($H=5$, $K\alpha=1.6$, $Etol=2.6$),
 (e)홍의 기법에 의한 (a)의 경계점
 (기준값=3),
 (f)전체 영상에 근거한 (e)의 선형 특징 추
 출($H=5$, $K\alpha=0.6$, $Etol=1.8$),
 (g)부분적 창문에 근거한 (e)의 선형 특징
 추출($H=5$, $K\alpha=0.6$, $Etol=1.4$)

Fig.10. (a) Radar image, (b) Edge output of (a) by sobel operator (threshold=230), (c) Linear feature detection of (b) based on whole image($H=5$, $K\alpha=1.3$, $Etol=2.6$), (d) Linear feature detection of (b) based on local windowing($H=5$, $K\alpha=1.6$, $Etol=2.6$), (e) Edge output of (a) by Hong's method(threshold=3), (f) Linear feature detection of (d) based on whole image ($H=5$, $K\alpha=0.6$, $Etol=1.8$), (g) Linear feature detection of (e) based on local windowing($H=5$, $K\alpha=0.6$, $Etol=1.4$).

IV. 結 論

본 논문에서는 선형 특징 추출 기법으로써 전체 영상에 근거한 선형 특징 추출과 부분적 창문에 근거한 선형 특징 추출을 소개하였다.

두 기법은 단순하며 복잡한 영상에서도 잘 적용될 수 있으며 직선은 물론 곡선도 잘 추적할 수 있다.

전자는 숫자화된 영상으로부터 추출된 모든 경계점들로 구성된 그래프에 대해서 하나의 미니멀 스패닝 트리를 구성한 다음 헤어와 불합리한 선분을 제거한다. 이렇게 추적된 선형 특징은 부분 선형 근사화 방법에 의해 수학적으로 묘사된다. 후자는 각각의 부분적 창문내에서 하나의 미니멀 스패닝 트리를 형성하여 헤어와 불합리한 선분을 제거한다. 영상이 전체적으로 처리될 때까지 전술한 처리들이 각 창문내에서 반복적으로 수행된다. 중복되어 추적된 선분들을 제거한 후 부분 선형 근사화를 수행한다.

두 기법에 의해 추적된 선형 특징은 영상 인식 시스템이나 영상 맞춤(scene matching)등에 이용될 수 있다. 이 기법들의 유용성을 실험하기 위해 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 보여 주었다.

參 考 文 獻

- [1] Keith Paton, "Line detection by local methods", *CGIP1*, pp. 316-332, 1979.
- [2] M. Hueckel, "A local operator which recognizes edges and lines", *J.ACM* vol. 20, no. 4, pp. 634-647, Oct. 1973.
- [3] R.O. Duda and P.E. Hart, "Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures", *C. ACM*, vol. 15, no. 1, pp. 11-15, Jan. 1972.
- [4] Martelli, A., "An application of heuristic search methods to edge and contour detection," *C. ACM*, vol. 15, no. 2, pp. 73-83, Feb. 1976.
- [5] Bondy and Murty, *Graph Theory with Applications*. American Elsevier, 1976.
- [6] J.B. Kruskal Jr., "On the shortest spanning subtree of a graph and the travelling salesman problem", *Proc. Amer. Math. Soc.*, no. 7, pp. 48-50, 1956.
- [7] R.C. Prim, "Shortest connection networks and some generalizations," *Bell Sys. Tech. J.*, pp. 1389-1401, Nov. 1957.
- [8] Hall, *Computer Image Processing and Recognition*. Academic Press, 1980.
- [9] Soonho Hong, *A New Edge Extraction Technique for Noisy Images*. Master thesis, KAIST, 1981.
- [10] Charles T. Zahn, "Graph-theoretical methods for detecting and describing gestalt clusters," *IEEE. Trans. on COM.* vol. C-20, no. 1, Jan. 1971.
- [11] Pavlidis, *Structural Pattern Recognition*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1977.