DBpia

論 文

리드線 自動切斷機를 위한 리드선 位置測定法

正會員 申 宰 浩* 正會員 野口 誠一** 正會員 五十嵐 光榮**

A Technique of Measuring Leadwire-Site for Automatic Leadwire Cutting Machines

Jae Ho Shin*, Seiichi Noguchi**, Koei Igarashi** *Regular Members*

요 약

전자기기 생산시 기판에 부품을 장착하고 기판 뒷면의 리드선을 절단할 때, 현재까지는 회전절단기를 사용했었는데, 이 방법에서는 한쪽 방향에서만 힘을 가하여 절단함으로써 접촉불량의 한 원인이 되곤 했다. 특히 양면에 부품을 장착하는 경우나 유연한 기판이나 정밀을 요구하는 경우, 부품의 리드선이 매우 굵을 경우에는 사람의 손으로 일일이 절단해야 했다. 그래서 로보트팔을 이용하여 니퍼로 절단하는 방법이 도입되기 시작하였는데, 절단할 리드선의 위치를 하나하나 입력시켜 주어야 했다.

본 논문에서는 여러 방향에서 입력되는 정면도로써 절단할 리드선의 좌표를 구해 내는 방법을 제안하고, 시뮬레이션과 실험을 통하여 실현가능성을 확인하였다. 저가의 감시용 CCD카메라를 이용하여 실험한 결과 88.81%가 1mm이하의 오차를 가졌는데, 적응성 공기압니퍼를 이용할 경우 절단이 가능한 범위이내이었다. 더욱 정밀한 카메라및 측정환경을 갖춘다면 본 논문에서 제안하는 방법으로 매우 정밀하게 측정이 가능하리라 사료된다.

ABSTRACT

The leadwire cutting machine that has been used recently cuts leadwires by putting one-side force with the same priciple as a saw, and applies a stress at soldered part of PCB. Because the stress becomes one cause of contact-defect, a leadwire cutting robot that cuts leadwires with nipper and does not apply stress is considered. In this paper a technique of detecting leadwire-site is studied for the purpose of using on automatic leadwire cutting robots. A technique deriving 2-dimensional site-information with many 1-dimensional binary data of perspective front-view of PCB taken from various direction was proposed.

Simulations and experiments were done under the same condition each other and a small universal-PCB was choosen as an experimental object. As a result of simulations and experiments, the proposed technique turns out to be very useful for automatic leadwire cutting robots.

* 東國大學校 電子工學科
Dept. of Electronics Engineering Dongguk University
** 新潟大學 電氣電子工學科
論文番號 : 94 13

www.dbpia.co.kr

I. 序 論

最近 電子工業技術의 발전이 눈부시게 이루어지고, 특히 1980년대 들어서면서 부터 마이크로프로세서의 電子制御技術이 家電製品, 產業機械, 醫療裝備, 通信機器뿐 아니라 自動車, 航空機등 運送부문, 카메라등의 光學부문까지 모든 분야의 제품에 적용되어져, 지금이야말로 電子制御機器없이 산다는 것 자체가 불가능하다고 해도 과언이 아닐 것 같다. 生產者의 입장에서 봐서도 大量生產으로 인하여 低價格化가 가능하므로, 더욱 수요확대를 촉진시키고 있다.

이러한 電子機器에는 반드시 印刷回路基板(PCB)이 하나의 部品으로 쓰이고 있는데, 片面基板, 兩面基板, 多層基板, 柔軟한 基板(flexible PCB)등 그 종류도 다양해지고, 電子機器의 高性能化, 小型輕量薄型化, 高密度實裝化가 진척되어 가면서 基板의 중요성이 더욱 높아져가고 있다.

電子機器를 生產할 때, 우선 基板에 部品을 插入하고, 납으로 땜질을 한 다음에 基板 뒷면의 리드선(leadwire)은 잘라내어야 한다. 最近 自動化設備에 의한 大量生產시 部品 插入工程에 로보트를 이용하고, 땜질도 자동으로 하고 있으며, 리드선切斷은 回轉切斷機(rotary cutter)를 이용하고 있다.

切斷하고 남은 리드선이 길 경우 薄型化가 어렵고, 구부러져서 주위와 단락되는 경우가 생기기 때문에 리드선은 반드시 짧게 절단해야 하는데, 部品의 리드선을 필요한 만큼 짧게 미리 절단하여 삽입하는 것이 거의 불가능하다고 한다. 그러나 현재 사용되고 있는 回轉切斷機는 톱과 같은 원리로써 한쪽 방향에서 힘을 가하여 자르므로 납땜부분에 불량이 발생하는 경우가 많다고 한다. 게다가 基板兩面에 部品을 實裝하는 경우 部品의 높이때문에 回轉切斷機로는 리드선을 짧게 자를 수 없게 되고, 柔軟한 基板의 경우는 아예 절단작업이 불가능하게 된다. 그래서 오히려 사람의 손으로 니퍼를 이용해서 하나하나 切斷하는 방법을 택하지 않을 수 없다.

사람의 손에 의해 절단하는 경우는 切斷作業速度가 늦고 절단후 리드선높이가 일정치 않으며 切斷하지 않고 빠트리는 경우도 있어서 作業能率이 저조하며, 作業人의 과중한 부담으로 職業病발생이 많고, 또한 절단시 기판의 납땜면이 위로 향하기 때문에 切斷된 리드선의 조각 또는 금속가루가 基板상에 남아 단락사고를 일으키는 수도 있다고 한다.

回轉切斷機의 적용이 불가능해져서 사람의 손으로 절단하게 되는 경우 그 工程을 自動化하기 위하여 로보트를 이용하려는 욕구가 일고, 실제로 製品化한 사례도 있다.[1,2] 이러한 리드선 절단로보트를 도입한 경우, 작업인수가 줄어 들고, 작업인의 부담이 줄어들어 職業病 발생확률이 줄며, 제품의 信賴度및 品質의 向上도 이루어졌고, 切斷作業速度도 빨라지는 등의 효과가 있다는 보고가 있다[1,2]. 그러나 이러한 절단로보트로 서로 다른 基板에 대해 작업할 때마다 절단해야 하는 리드선의 位置와 切斷順序등을 특정방법으로 일일이 입력시켜 주지 않으면 안되었다.

全自動으로 리드선을 절단하기 위해서는 절단로보트의 제어에 앞서 우선 基板상의 리드선 位置를 測定하고, 그 다음에 리드선의 配置狀況에 따라 절단순서를 결정하는 등의 기능이 필요한데, 本論文에서는 리드선 위치를 測定하는 방법에 관해 硏究했다.

원래 醫療裝備및 工業用機器에 주로 사용되고 있는 CT(computerized tomography)는 여러 方向의 2次元데이터로 부터 3次元形狀을 推定해 내는 것인데, 本硏究에서는 CT의 원리를 유사하게 이용하여 여러 方向의 1次元 透視正面圖로 부터 2次元 位置데이터를 추정해 낸다.

本論文의 전개순서는 먼저 透視正面圖를 이용한 리드선 位置檢出原理[3,4,5]를 설명한 다음, 시뮬레이션과 실험의 과정을 설명하고, 시뮬레이션 결과로써 最適條件과 限界点을 찾아 實現可能性을 검토하며, 시뮬레이션과 동일 조건으로 位置測定實驗을 실시하고 두 결과를 비교한다.

II. 리드선 位置檢出原理

畵像處理分野의 응용의 하나인 CT의 원리를 유사하게 이용하여 基板上의 리드선 位置를 檢出하기 위한 시스템은 그림1과 같이 構成하였다. 回轉盤(turntable)과 카메라는 일련의 작업이 끝날 때까지 位置가 고정되어, 回轉中心과 카메라간의 거리는 일정하게 한다. 回轉盤위에 基板을 올려 놓고, 反時計方向(CCW)으로 회전시켜 가면서, CCD카메라로 그때그때의 正面圖를 撮影한다.

그림1의 시스템에서 CCD카메라로부터 입력되어 標本化 및 디지탈符號化된 畵像信號를 저장하는 비디오메모리와는 별도로 실제의 基板상 位置와 1:1 대응하는 2次元配列를 준비하고, 그 位置配列내에서 橫方向의 中心線을 x座標軸으로, 縱方向의 中心線을

www.dbpia.co.kr

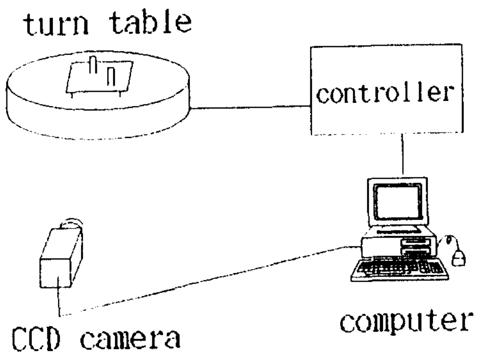

그림 1. 시스템 構成.
Fig 1. System organization.

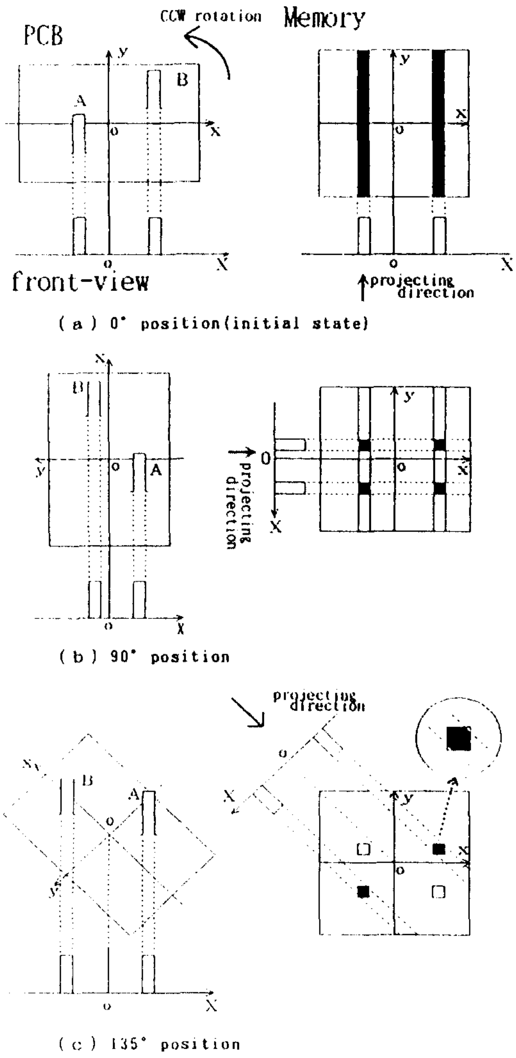

그림 2. 리드선 位置檢出 원리.
Fig 2. Principle of detecting leadwire-site.

y座標軸으로 가정한다. 그러면 두 중심선의 교점이 가상의 원점이 되어 실제 기판상 상대위치 측정의 기준이 되는데, 실제 基板의 回轉中心과 位置配列의 가상 原點을 정확하게 일치시킨다면 리드선의 相對的 位置를 檢出할 수 있게 된다.

本方式의 리드선 位置檢出原理를 설명하기 위하여 그림2와 같은 두개의 리드선이 있는 基板을 가정한다. 초기상태에서는 기판상 모든 位置에 리드선이 존재할 수 있다는 가정하여 位置配列의 모든 元素가 '1'로 세트되어 있다. 作業開始狀態의 回轉盤위치를 0° 위치라고 하고, 그때의 正面圖를 촬영한다. 그림2 (a)에서 보는 바와 같이, 그 正面圖로써 位置配列을 수정하는데, 그것은 正面圖에서 리드선이 없는 부분에 대응하는 배열의 원소를 '0'으로 리세트시키는 작업이다. 그러면 실제의 기판상의 두개의 리드선은 배열내에서 종방향의 평행선 줄무늬(stripes)형태의 白領域으로 나타난다.

다음에 기판을 反時計方向으로 90° 회전시킨 후 正面圖를 촬영한다. 메모리상에는 位置配列을 회전시킬 수 없기 때문에, 상대적으로 카메라의 촬영방향이 時計方向으로 90° 회전되었다고 볼 수 있는데, 그 방향에서 다시 두개의 평행선 줄무늬형태의 白領域으로 나타나지만, 이전에 결정된 白領域과의 교차되는 부분만 남게 된다. 즉 正面圖에서 리드선이 나타나지 않은 부분에 대응하는 位置配列의 원소를 리세트시키면, 그림2 (b)와 같이 4군데의 정사각형 白領域으로 나타난다.

다시 기판을 135° 위치로 회전시킨 후 正面圖를 촬영하고, 그 正面圖로 位置配列을 수정하면 그림2 (c)와 같이 2개의 白領域으로 나타난다. 그 이후 어느 위치로 회전시켜가면서 位置配列을 수정하여도 원래 리드선이 존재하는 위치에 대응하는 白領域은 항상 남아있게 된다. 다만 白領域의 형태가 점차 둥글게 변하면서 크기가 약간 작아질 뿐이다.

여러 방향에서 촬영한 2-次元正面圖로 부터 推定할 수 있는 3-次元 形狀을 구해내는 것이 CT의 원리이다. 그러나 本研究에서는 3-次元 形狀이 필요한 것이 아니고, 기판상 리드선의 상대적위치 즉 2-次元 데이

www.dbpia.co.kr

터만 필요하다. 그러므로 각 방향에서 촬영되는 正面圖의 2次元 데이터가 그대로 필요한 것이 아니고, 다만 正面圖의 畵面에 나타난 리드선에서 절단 하고자 하는 높이에 해당되는 하나의 走査線상에 리드선이 존재하느냐 아니냐를 나타내는 1차원의 2値(binary) 데이터만으로 충분함을 알 수 있다. 이러한 이유에서 2値데이터로 만들려진 것을 透視正面圖라 불렀다.

Ⅲ. 시뮬레이션 및 實驗過程

本硏究에서는 우선 홀(hole)配置가 格子狀 30×25 이며, 크기 9.5cm×7.2cm인 小型 萬能基板을 測定對象으로 택했다. 이 萬能基板의 홀 間隔은 縱橫方向 공히 2.54mm(=0.1 inch)이며, 홀의 直徑은 1mm이다.

畵像信號를 標本化하여 入力하는데 사용한 장치로는 저렴한 가격의 감시용 小型 CCD카메라(CV-10, 1 : 1.6, f=16mm)와 MT-9801-FMM 畵像入出力 인터페이스이며, NEC PC-9801RX(AT급) 컴퓨터를 사용했다. 回轉盤은 最小回轉角이 1.8°인 2位相 스테핑모터로써 손수 제작 사용하였으며, 모터 驅動回路 및 인터페이스도 자작했다.

이러한 사실들을 근거로 해서 Turbo C++言語로 프로그램을 작성했는데, 2次元 位置데이터用으로 248×208(51584바이트)의 配列을, 1次元 透視正面圖용으로 400바이트의 配列을 준비했다.

3.1 시뮬레이션 과정

실제의 被寫體가 조그마한 CCD素子상에 像으로 맺혀지기 위해서는 렌즈에 의해 그 置數가 縮小되어야 하기 때문에, 일반적으로 카메라는 焦點距離, 撮影가능한 入射角, 焦點深度등의 특성이 있다. 화면상에 일정한 거리의 像 즉 일정한 畵素수의 像으로 나타나는 被寫體의 길이 L(mm)과 카메라와 피사체간의 거리 D(mm)간의 관계식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L = k_1 \frac{D}{f} + k_2 \qquad (1)$$

여기서 f는 카메라의 焦點距離이며, k_1, k_2는 카메라의 성질에 따라 결정되는 상수이다. 참고로 本硏究의 實驗에서 사용한 CCD카메라로 화면상 수평방향으로 길이 512畵素의 像이 나타나도록 하면서 측정한 결과, 이 상수의 값은 k1=3.772952576, k2=−0.349375104이었다.

位置檢出알고리즘에는 메모리상의 位置配列 x, y 축 각방향에 畵素수로 표시하는 도트(dot)座標를 정의하고, 사용되는 모든 변수들을 도트좌표로 표시해야 하며, 피사체와 카메라간의 거리도 도트좌표로 나타내어야 한다.

위의서 카메라의 특성식을 측정으로 구할 때, L(mm)길이의 被寫體가 512(dot)의 상으로 나타났으므로, D(mm)의 距離에 대응하는 變數 Q(dot)는 다음의 비례식으로 계산할 수 있다.

$$L(mm) : 512(dot) = D(mm) : Q(dot) \qquad (2)$$

$$Q = \frac{512\,D}{L} = \frac{512\,D}{k_1(D/f) + k_2} \qquad (3)$$

여기서 f, k_1, k_2는 상수이므로, 被寫體와 카메라간의 거리만 입력하면 Q를 계산할 수 있는데, 그림3에서 보는 바와 같이 메모리상 도트좌표 (0, -Q)지점에 카메라가 위치하고 카메라의 중심선과 위치배열의 y축이 일치한다고 가정하는 것이다. 식(2)와 같은 비례식을 이용해서 실제 기판상의 길이(mm)단위의 리드선 위치를 메모리상의 도트좌표로 변환할 수 있고, 역으로 메모리상의 도트좌표를 길이단위로 변환이 가능하다.

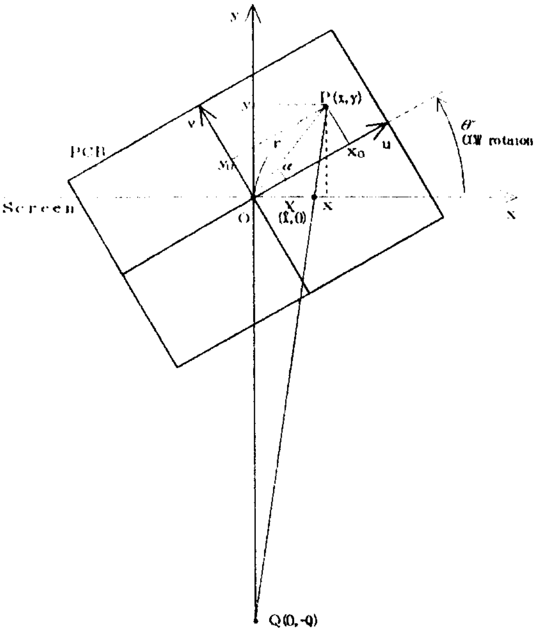

그림 3. 透視正面圖를 이용하기 위한 좌표계.

Fig 3. Coordinate system for perspective front-view.

www.dbpia.co.kr

그림3에서 보는 바와 같이, 실제의 基板이 반시계 방향으로 θ° 만큼 회전했을 때 기판상 점 $P_0(x_0, y_0)$는 좌표계에서 점 $P(x, y)$로 나타나며, 그 좌표는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \tag{4}$$

그리고 x축상에 위치하고 있는 가상스크린에 점 P가 透視되어 나타나는 正面圖상 1次元 座標 X는 다음과 같은 비례식으로 구할 수 있다. 단 가상스크린의 중심점은 位置配列의 가상원점과 일치한다.

$$Q : X = (Q + y) : x \tag{5}$$

식(4), (5)로 부터 다음과 관계식을 얻을 수 있다.

$$X = \frac{Qx}{Q+y} = \frac{Q(x_0\cos\theta - y_0\sin\theta)}{Q + x_0\sin\theta + y_0\cos\theta} \tag{6}$$

즉 θ° 회전된 상태에서, 하나의 리드선 위치 (x_0, y_0)로부터 가상크린에 透視된 위치 X가 구해지고, 다시 정면도의 X위치에 透視될 수 있는 모든 위치배열의 원소를 산출하면 하나의 선분형태의 모양이 된다. 그러므로 어느 정도의 굵기를 갖는 리드선에 의해서는 하나의 줄무늬형태의 모양이 나타나는 것이다.

이상과 같은 관계식들을 기초로 한 그림4와 같은 흐름도에 의거해 시뮬레이션을 실시 했다. 제1단계에서 리드선 位置檢出作業에 필요한 각종 파라메터를 입력하는데, 리드선 갯수, 리드선굵기, 회전반의 1回轉角 그리고 小領域除去를 위한 面積臨界値, 카메라와 回轉中心간 距離등이 입력되어야 한다. 그리면 굵기를 감안하여 리드선이 겹치지 않도록 조정하면서 亂數發生函數(random number generator)에 의해 주어진 갯수만큼 임의의 좌표를 설정한다.

제2단계에서는 식(4)(5)(6)에 의거하여 2値化 透視正面圖를 산출한다. 즉 이미 좌표가 설정되어져 있는 각 리드선들을 회전시켜 正面圖의 1次元 座標를 구한 다음, 그 값을 중심으로 주어진 리드선굵기만큼 '1'로 세트하여 透視正面圖 데이터를 산출한다.

카메라의 특성을 전혀 고려하지 않는 理論的 狀態의 시뮬레이션에서는 $Q \rightarrow \infty$의 조건에 의해 식(6)이 $X = x$가 되며, 제2장의 설명에서와 같이 平行線 줄무늬형태로 위치배열을 수정할 수 있으나, 실제 상태에서는 放射線 줄무늬형태로 位置配列이 수정되는 것

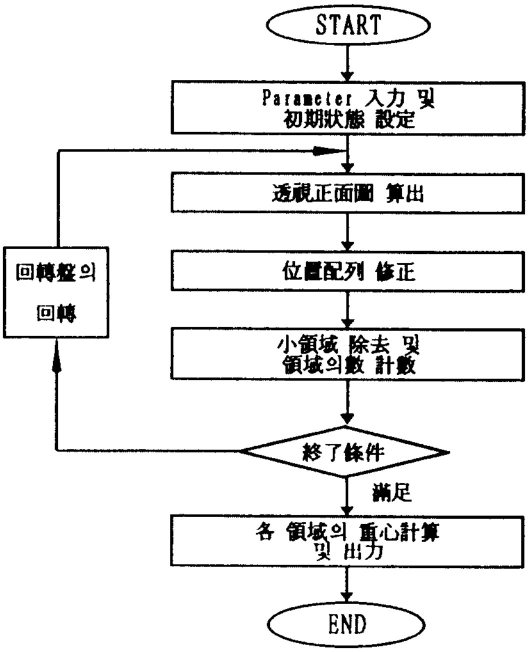

그림 4. 리드선 位置檢出作業의 흐름도.
Fig 4. Flowchart for detecting leadwire-site.

이다. 제3단계에서는 透視正面圖를 가지고 位置配列을 수정하는데, 그 당시의 正面圖데이터에서 리드선이 존재하지 않는 점에 대응하는 位置配列의 원소들을 '0'으로 리세트시키는 작업이다.

제4단계, 제5단계에서 正面圖 데이터로써 수정된 位置配列의 원소중에서 '1'로 세트되어 있어서 리드선이 존재할 것이라고 가정되는 원소들이 형성하는 領域(이하 白領域이라고 함.)들의 연결성을 확인하여 서로 구분하고[9], 각 白領域의 面積(畵素數)를 계산한 다음, 주어진 臨界値보다 그 면적이 작을 경우 아예 白領域을 없애버린다. 즉 연산과정에서 생기는 부스러기 영역으로서, 臨界値이하의 白領域은 절대로 리드선이 존재하지 않는 位置라고 보는 것이다. 그런 다음 남은 白領域의 수를 헤아려서, 그 당시까지 檢出한 리드선의 갯수라고 본다. 본 시뮬레이션에서는 臨界値를 기준면적의 1/4보다 큰 최소 정수로 보았는데, 여기서 基準面積이란 주어진 리드선 굵기를 한 변으로 하는 정사각형의 면적으로 보았다.

제6단계에서 주어진 終了條件을 만족하면 檢出演算루프를 빠져나가고, 그렇지 않으면 주어진 1回轉角

www.dbpia.co.kr

만큼 다시 회전반을 회전시켜서 다음 檢出演算루프로 돌아간다. 시뮬레이션에서는 리드선의 수를 입력시켜 주지만, 실제로 測定하는 경우에서는 기판상의 리드선수를 미리 알 수가 없다. 그러므로 적당한 檢出演算루프의 終了條件을 선택하지 않으면 최대회전수까지 마냥 檢出작업을 반복하지 않을 수 없다. 그러나 연산루프에서 位置配列로 부터 얻을 수 있는 정보는 白領域의 갯수와 각 白領域의 면적뿐이다. 제2장의 檢出원리에서 이미 설명한 바가 있지만, 기판을 어느 방향으로 몇번을 회전시켜 檢出연산을 하여도 원래 리드선이 존재하는 위치에 대응하는 白領域은 남게 되며, 다만 그 크기가 약간 작아지고 모양이 변해 갈 뿐이다. 그러므로 몇번인가의 檢出연산을 계속하여도, 檢出된 리드선의 수가 같다면 원래 리드선이 전부 檢出되었다고 볼 수 있는 것이다. 다만 몇번을 비교해 볼 것인가 하는 것이 終了條件으로 결정되어야 할 사항이다.

그런데 리드선의 배치상황에 따라 둘이상의 인접한 리드선들이 별도의 白領域으로 형성하지 못하고, 하나의 큰 白領域으로 계속 남아서, 주어진 회수만큼 비교해가면서 檢出演算하여도 분리되지 않는 경우가 있다. 그래서 가장 큰 白領域의 면적을 계산하여 基準面積의 1.5배이상일 경우는 주어진 회수만큼 비교해서 같은 수가 검출되더라도 檢出연산을 계속하도록 終了條件에 추가했다. 그러나 그 반대 현상으로서 리드선의 密集度에 따라서는 실제로 리드선이 존재하지 않는 위치의 白領域이 지워지지 않은 상태에서 檢出演算을 종료하는 경우도 발생할 수 있다.

마지막 단계에서 각 白領域의 重心 (x_G, y_G)을 다음과 같은 모멘트정의식[9][10]으로 부터 계산하여 각 리드선의 위치로 출력한다.

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j f(x, y) \qquad (7)$$

$$(x_G, y_G) = \left(\frac{M_{10}}{M_{00}}, \frac{M_{01}}{M_{00}}\right) \qquad (8)$$

다음의 檢出演算루프를 수행하기 위해서는 주어진 1回轉角만큼 다시 회전한 후 正面圖 데이터를 산출하는데, 1回轉角을 어떻게 결정할 것인가의 문제점이 남는다. 실험에 사용한 회전반은 2위상 스테핑모터를 사용했으므로, 最小回轉角이 1.8°이고 1周하면서 멈출 수 있는 곳이 200점이며, 기판상의 리드선위치를 측정하기 위해 正面圖를 산출하는 회수도 최대 200회다. 그러므로 200번의 연산으로 檢出할 수 없는 리드선位置를 완전히 檢出하는 것이 불가능하며, 이러한 이유에서 리드선의 갯수 또는 기판상 밀집도에 한계가 생긴다. 그런데 200번의 회전으로 200군데의 점이 모두 포함되는 각을 1回轉角으로 선택하는 것이 좋을 것이다. 또한 1回轉角이 90°가 넘는 것은 반대방향으로 90° 이하의 각으로 회전하는 것과 같은 위치가 되므로, 90° 이하이면서 200점을 모두 포함할 수 있는 1回轉角은 다음과 같은 20가지중이 하나가 된다.

1.8°, 5.4°, 12.6°, 16.2°, 19.8, 23.4°, 30.6°, 34.2°, 37.8°, 41.4°, 48.6°, 52.2°, 55.8°, 59.4°, 66.6°, 70.2°, 73.8°, 77.4°, 84.6°, 88.2°

3.2. 實驗 過程

실제를 가상한 모의 실험이 시뮬레이션이므로, 실제로 리드선위치를 측정하는 실험의 과정도 그림3의 시뮬레이션의 흐름도와 같다고 볼 수 있다.

그런데 被寫體를 회전시켜 가면서 얻는 透視正面圖로 위치를 측정하는 데에는 실제의 回轉中心과 메모리내 位置配列의 原點을 일치시키는 것이 가장 중요한 조건이다. 만약 位置配列내에서 회전반의 회전중심에 대응되는 위치가 고정되어 있지 않고 계속 움직인다면, 그것을 기준으로 상대위치를 구한다는 것이 불가능하기 때문이다. 그러므로 제1단계에서 位置配列의 원점과 회전중심을 일치시킨 회전반위에 기판을 설치하고 0° 위치를 설정한 다음, 1回轉角과 面積臨界値의 두가지 파라메터를 입력한다.

제2단계에서 透視正面圖 데이터를 산출해야 하는데, 畵像入出力인터페이스를 통하여 A/D變換된 256階調의 信號로부터 특정위치의 走査線상 각 畵素에 대해 리드선이 존재하느냐 아니냐의 2値化를 시행한다. 배경을 검은색으로 했을 때, 금속인 리드선의 像의 輝度가 배경보다 높게 나타나는 것이 당연하다. 그러나 2値化臨界値를 일정하게 설정해 두지 않고, 선택된 주사선상의 모든 畵素에 대해 輝度의 統計値를 이용하여 每標本時 臨界値를 정하는 클래스간 분산법[7,8,9]을 이용했다. 그외의 실험과정은 시뮬레이션과정과 완전히 같다.

Ⅳ. 시뮬레이션 및 實驗結果

4.1 시뮬레이션 결과

www.dbpia.co.kr

기본적인 시뮬레이션의 조건으로 실제의 實驗과 가장 가까운 조건을 택했으며, 30×25 格子狀 홀配置의 小型萬能基板을 실험대상으로 했다. 그러면 카메라와의 거리가 65cm일때 格子間隔이 8dot가 되며, 기본적인 조건으로 리드선굵기를 5dot, 面積臨界値를 5dot, 面積臨界値를 7, 1回轉角을 30.6°로 설정했다.

주어진 조건하에서 리드선수를 변화시키가면서 시뮬레이션한 출력변수로는 終了條件을 만족할 때까지의 演算回數와 檢出한 리드선수이다. 종료시 檢出된 리드선수는 주어진 리드선수에 대한 過剩率(over-detecting rate)로 계산하여 그래프를 그렸는데, 과잉률이 ±1% 이내가 되는 범위도 표시했다. 시뮬레이션의 경우는 모든 조건에 대해 각 50번씩의 결과를 평균한 데이터이다. 그리고 最適條件을 찾기 위해서, 여러가지 다른 조건에 대해서도 시뮬레이션하여 비교해 보았다.

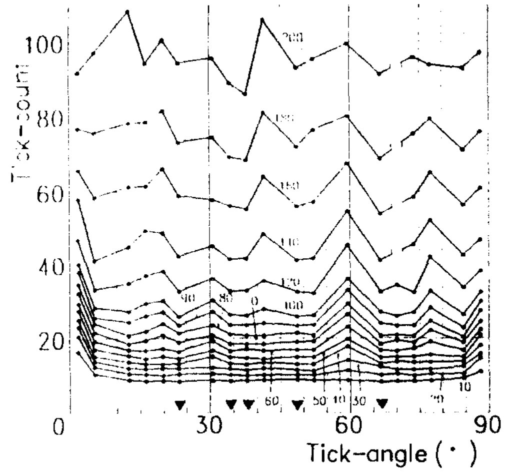

그림 5. 1回轉角에 대한 演算回數의 변화.
Fig 5. Variation of tick-count owing to tick-angle.

1) 最適의 1回轉角

최적의 1回轉角을 선택하기 위하여 리드선굵기 3dot에 대해 20가지의 각도에 대한 시뮬레이션을 실시했는데, 그림5에서 보는 바와 같이 70.2°를 제외하고는 200개까지의 리드선을 檢出하는데 문제가 없었고, 단지 각도에 따라 演算回數가 조금씩 다르게 나타났다. 그림5의 그래프에서 전반적인 리드선 수에 걸쳐 演算回數가 적은 각도를 택한다면 23.4°, 34.2°, 37.8°, 48.6°, 66.6°의 5가지가 되지만, 대량생산의 경우 일단 한번의 位置測定이 이루어지면 그 데이터를 계속 이용할 수 있기 때문에 꼭 演算回數가 적은 것을 택해야 되는 것만은 아닐 것이다. 또한 특정한 각이 반드시 모든 경우에 대해 좋은 결과를 내는 것이 아니고, 리드선의 배치상황에 따라서 다른 결과를 나타내기도 하였다. 특히 리드선이 기판의 어느 일부에 밀집되어 있는 경우 최적의 각을 예측할 수가 없었다.

한쪽 방향에서 透視正面圖는 정반대방향(180° 회전시킴)에서 취한 것과 거의 유사하여 位置配列을 수정하는데 크게 도움이 되지 않는다. 그러므로 대체로 100회의 연산에서 檢出능력이 대부분 결정되며, 다만 리드선의 밀집도에 따라 100회 이상의 연산에서 檢出되는 경우도 있었다.

2) 리드선 굵기에 대한 영향

리드선수가 증가함에 따라 檢出하는데 필요한 演算回數가 증가할 것이라는 것은 쉽게 유추할 수 있는데, 그림6에서 보는 바와 같이 리드선수가 적을 때는 거의 직선적으로 증가하던 것이 어느 범위를 넘어가면서 급격히 증가하고 있음을 알 수 있다.

게다가 리드선굵기가 가늘수록 檢出가능한 리드선수도 훨씬 많아지면서 演算回數도 적게 소요됨을 알 수 있었다. 실제 실험에서 사용한 카메라로 받아들인 영상신호를 標本化하여 산출되는 透視正面圖에서의 리드선굵기가 5dot정도이었는데, 같은 조건으로 시뮬레이션한 결과 약80개까지의 리드선을 약40회 이내의 연산으로 檢出할 수 있음을 나타내고 있다.

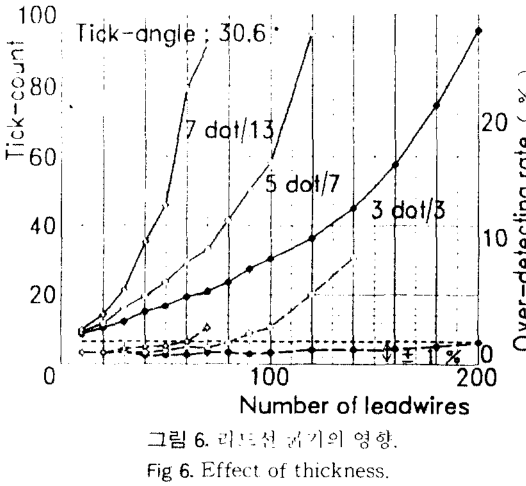

그림 6. 리드선 굵기의 영향.
Fig 6. Effect of thickness.

www.dbpia.co.kr

리드선이 가늘수록 적은 演算回數에 더 많은 수의 리드선을 더 정확히 측정할 수 있음을 알았으므로, 透視正面圖상에서의 리드선들의 굵기를 가능한 한 가늘게 하는 것이 필요하다. 그런데 카메라의 解像度문제, 카메라와의 거리문제, 기판주위의 照度, 배경의 색 또는 반사도등의 영향에 의해 실제 리드선 像의 굵기가 식(2)의 비례식에 의한 값보다 굵게 나타났다. 그러나 화면상에서 굵게 나타난 리드선이 원래 하나의 리드선이 굵게 나타난 것인지 앞뒤로 있는 여러개의 리드선이 중복되어 굵게 나타난 것인지 알 수 없기 때문에 화면상에서 리드선 굵기를 무조건 가늘게 만드는 것은 거의 불가능하므로, 가는 리드선의 상을 얻기 위해서는 더 좋은 설비와 환경을 갖출 수 밖에 없다고 본다.

3) 카메라 거리의 영향

카메라와의 거리가 無限大라고 가정한다면, 平行線 줄무늬형태로 位置配列을 수정할 수 있는데, 그림 7의 그래프에서 보는 바와 같이 필요한 演算回數는 실제 상황인 유한거리의 경우보다 조금 적지만 過剩率에 대해서는 별다른 잇점이 없음을 보이고 있다.

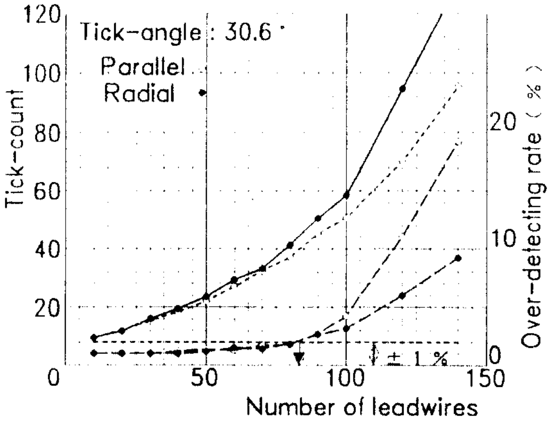

그림 7. 카메라 거리에 대한 영향.
Fig 7. Effect of distance from camera.

4) 演算回數를 감소시키는 한 방법

透視正面圖에 의해 리드선위치를 檢出하는 本方式에서는 어느 방향으로 몇번을 회전하면서 연산하여도 원래 리드선이 존재하는 위치의 白領域은 사라지지 않는다. 그러나 가능한한 적은 演算回數로 檢出할 수 있는 것이 좋으므로, 本論文에서는 단순히 계산량을 줄일 목적으로 0° 위치에서 작업을 개시하여 90° 회전한 위치에서 일단 연산한 이후부터 일정한 각도로 회전하도록 하였다. 그림8에 90° 위치에서 먼저 연산한 후 일정한 각도로 회전한 경우(A)와 처음부터 일정한 각도로 회전한 경우(B)를 비교해 보았는데, 檢出가능한 리드선수는 거의 같지만, 演算回數가 조금 줄고 있음을 보이고 있다.

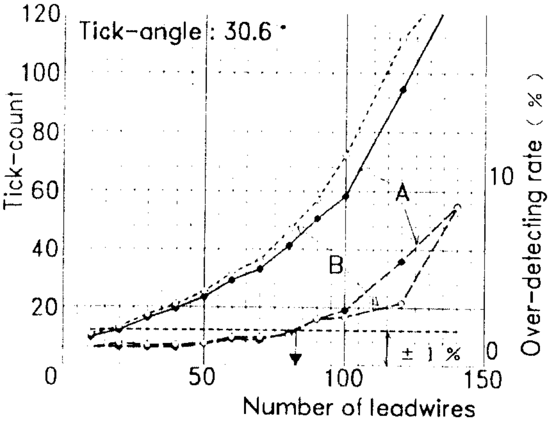

그림 8. 90° 위치의 연산을 먼저하는 방법의 영향.
Fig 8. Effect of method to reduce tick-count.

5) 面積臨界値의 영향

0° 위치와 90° 위치 두번의 檢出演算 직후에 가장 큰 白領域이 각각 남게되며, 檢出演算이 반복될수록 白領域의 면적은 약간씩 작아지게 된다. 그러므로 面積臨界値를 크게 설정하면 실제로 리드선이 존재하는 白領域마저 지워질 확률도 있으므로, 최적의 臨界値를 구하기 위한 시뮬레이션도 필요하다. 그림9에 小領域除去를 위한 面積臨界値에 대한 영향을 나타내었다. 臨界値가 작을수록 演算回數도 더 많이 필요하지만, 檢出가능한 리드선 수도 적어짐을 알 수가 있다.

6) 終了條件의 영향

位置配列상의 白領域의 갯수는 2, 3회 연산시가 가장 많고 차츰 줄어들어서 원래 설정된 리드선수에 수렴하는 곡선을 그린다. 그런데 여러가지 입력 파라메터의 영향으로 그 수렴곡선의 수렴속도가 다르게 나타난다.

www.dbpia.co.kr

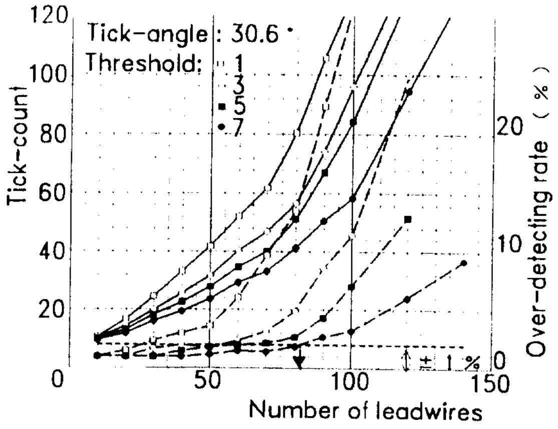

그림 9. 面積臨界値의 영향.

Fig 9. Effect of area-threshold.

終了條件으로 최대 白領域의 면적이 기준면적의 1.5배 이하이면서 6번 같은 수의 白領域이 檢出될 경우(5회의 비교)로 택했는데, 그림10에서 보는 바와 같이 비교회수가 적어지면 演算回數가 약간 줄기는 하지만, 매 연산시 位置配列을 수정하고 小領域을 제거하여도 처음 설정된 리드선 수만큼 미처 줄기 전에 終了할 가능성이 매우 높아져서 정확한 檢出이 불가능하다는 것을 보이고 있다.

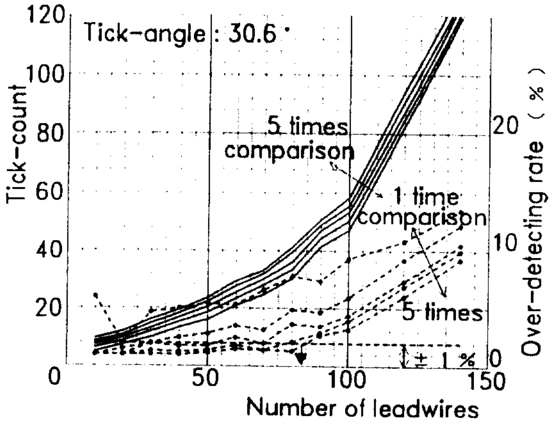

그림 10. 終了條件의 영향.

Fig 10. Effect of end-condition.

4.2 실험결과

本研究에서는 실험을 두단계로 실시했다. 첫째는 실험대상의 萬能基板과 같은 치수의 골판지위에 모눈종이를 붙인 상태에서 임의위치에 핀을 꽂아가면서 실험하여, 회전중심으로부터의 x좌표, y좌표를 mm 단위로 측정하였다. 둘째는 萬能基板을 올려놓고 임의의 홀에 핀을 꽂아가면서 위치를 判定하였는데, 길이단위의 오차에는 관계없이 홀의 위치를 판별해 내는 실험이었다.

첫째실험의 결과를 그림11에 나타내었는데, 格子狀 配置가 아닌 임의위치의 리드선을 50개까지 실험해 보았으나, 測定誤差는 리드선 갯수에 무관하게 나타났으며, 측정오차의 평균은 0.515mm, 표준편차는 0.356mm으로 나타났다. 이 실험의 대상은 萬能基板이 아니지만, 만능기판이라고 가정할 경우 홀의 위치를 잘못 판정할 오차의 크기(>1.27mm)로 측정될 비율은 3.14%이었고, 88.81%가 1mm이하의 오차이었다.

둘째 실험에서는 앞의 시뮬레이션과 같은 조건으로 실험했으며, 終了시 檢出된 리드선수의 과잉률과 演算回數를 측정하여 시뮬레이션의 결과와 비교해 본 것으로서 그림12에 그래프로 나타내었는데, 시뮬레이션의 경우와 비교해 보면 演算回數가 약간 더 소요되었으나 50개정도까지의 리드선 檢出에는 큰 어려움이 없었다.

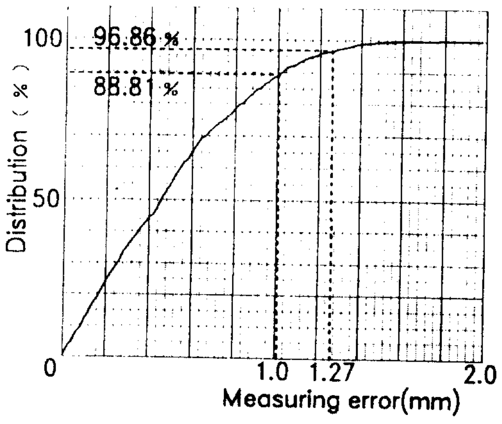

그림 11. 측정오차의 분포

Fig 11. Distribution of measuring error.

www.dbpia.co.kr

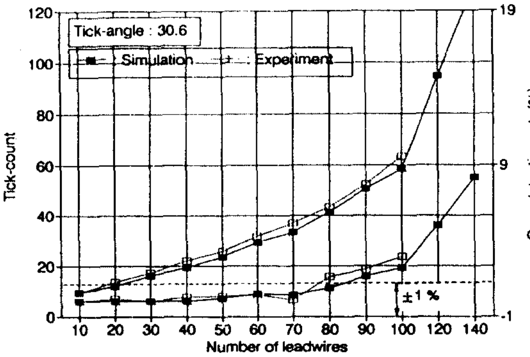

Fig 12. 位置判定 實驗結果.
그림 12. Experiment result of deciding eadwire-site.

실험결과가 앞의 시뮬레이션결과보다 양호하지 못한 이유는 4가지로 설명할 수 있다. 첫째 시료제작상의 문제로서 손으로 핀을 꽂을 때 핀이 수직으로 서 있지 않고 기울어져 있는 경우도 있었으며, 모눈종이 상의 정확한 위치에 꽂히지 않고 실제로 0.2~0.3mm 정도의 오차가 있었다. 둘째 카메라의 解像度 문제로서, 標本化, 2値化로 산출한 正面圖에 나타난 리드선의 굵기가 비례식(2)의 이론치보다 굵게 나타났는데, 이 때문에 리드선수가 많은 경우나 밀집배치된 경우는 구별해 내지 못하였다. 셋째로는 별도의 조명을 하지 않고 자연적 상태에서 실험을 했기 때문에 주위의 밝기에 따라 正面圖 데이터가 다르게 나타나기도 했다. 넷째로 回轉盤의 문제로서, 回轉中心의 일치문제에서 0.5dot정도의 오차가 있었고, 모터동작의 불량으로 회전동작후 畵像信號를 입력할 때 진동이 남아 있었으며, 자작한 回轉盤이 정밀하지 못하여 회전축도 약간 기울어진 상태이었다.

V. 結 論

本論文에서는 基板의 리드선을 자동적으로 切斷하는 장치를 만들기 위한 첫단계로서 기판상의 리드선의 位置測定에 관해 연구했는데, CT의 원리와 유사하게 1次元 透視正面圖로써 2次元 位置데이터를 산출했고, 실험대상으로 小型 萬能基板을 택하여 시뮬레이션 및 測定實驗했다.

시뮬레이션의 결과, 리드선수가 많을수록 리드선이 굵을수록 밀집도가 높을수록 演算回數가 많이 소요되었으며, 그리고 格子狀 配置가 아닌 임의위치에 배치되는 경우도 더 많은 演算回數를 필요로 함을 알았는데, 1回轉角 30.6°, 리드선굵기 5dot의 경우 약 80개까지의 리드선을 ±1%이내의 과잉률로 全位置 判定이 가능함을 알았으며, 실험으로는 약 75개까지 위치판정이 가능하였다.

실제 位置測定實驗에서는 50개까지의 리드선을 88.81%까지 1mm이내의 誤差로 측정가능했다. 測定誤差의 平均値는 0.515mm이었고, 標準偏差가 0.356 mm이었으며, 本硏究에서 실험한 조건에서 1.27mm 이상의 오차가 나올 확률은 3.14%이었다. 실제 리드선 절단로보트에는 適應性空氣壓니퍼(flexible air nipper)를 사용하기 때문에 이 정도의 오차는 절단하는데 문제가 발생하지 않지만, 더 정확한 측정을 위해서는 水平解像度가 높은 정밀카메라, 진동이 없고 정밀한 회전반, 일정한 照度을 유지할 수 있는 조명시설등이 필요함을 알았다.

參 考 文 獻

1. 中田昭夫(松下電氣), "リ-ド線のカッテング作業," オ-トメ-ション, 第28卷, 第9號.
2. 齊藤正幸(日東精工), "リ-ド線カッテソグロボット," NITTO TECHNICAL REPORT, No.44, 1992.
3. 大野 宏, 星野公明, 五十嵐光榮, 黑崎晋一郞, 野口誠一, "畵像處理によるリ-ド線の位置決定方法について," 1992年度 電子情報通信學會 秋季大會, 1992, 10.
4. 申 宰浩, 五十嵐光榮, 野口誠一, 大野 宏, 星野公明, "畵像處理によるリ-ド"線の位置決定の ための シミュレ-ション," 1993年度 電子情報通信學會 春季大會, 1993, 3.
5. J.Shin, K.Igarashi, S.Noguchi, H.Ohno and K. Hoshino, "Simulation for detecting of leadwire-site due to image processing," Proc. of JTC-CSCC'93(at Nara), 1993, 7.
6. 臺藏 智, 野口誠一, 大野 宏, 星野公明, "白黑多階調畵像からの基板實裝部品のリ-ド線抽出のための2値化法," 1992年度 電子情報通信學會 秋季大會, 1992, 10.
7. 大津展之, "判別おび最小乘規準に基つく自動しきい値選定法," 電子情報通信學會 論文誌, vol. J63-D, no.4, pp.349-466, 1980. 4.

www.dbpia.co.kr

8. 鹽 昭夫, "情景中文字の検出の ための 動的2値化處理法," 電子情報通信學會 論文誌, vol.J71-D, no.5, pp.863-873, 1988.5.
9. 鹽野 充, "BASIC 畵像處理プログラム 150選," オーム社, 1988.
10. 八木伸行, 井上誠喜, 林 正樹, 中須英輔, 三谷公二, 奥井誠人, 鈴木正一, 金次保明, "C言語で學ぶ實踐畵像處理," オーム社, 1992.

申 宰 浩(Jae-Ho Shin) 正會員
1952년 8월 29일생
1979년 2월 : 서울大學校 工科大學 電子工學科 工學士
1982년 2월 : 서울大學校 大學院 電子工學科 工學碩士
1987년 2월 : 서울大學校 大學院 電子工學科 工學博士
現在 : 東國大學校 工科大學 電子工學科 副敎授

野口 誠一(Seiichi Noguchi) 非會員
1937년 4월생
1979년 3월 : 東京工業大學 工學博士
現在 : 新潟大學 工科部 電氣電子工學科 助敎授

五十嵐 光榮(Koei Igarashi) 非會員
現在 : 新潟大學 大學院 電氣電子工學科 碩士課程

www.dbpia.co.kr