

電氣技術者를 위한

# 産業用 로봇 技術

(13)

## (다) 距離情報 處理

거리 정보는 3次元 空間을 취급할 때는 없을 수 없는 것이다. 거리 측정은 그 대부분이 3角 測量의 原理에 의해 하게 된다.

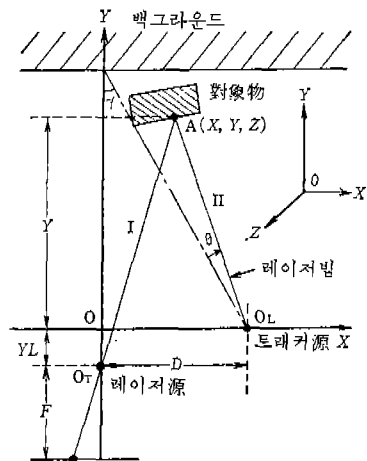
### (a) 射光法

특수한 形狀의 빛을 投射해서 그 反射光을 검출하여 거리 정보를 얻는 것이다. 가장 간단하게는 스폿 光을 사용한 레이저 트래커가 있다. 그 구성을 그림 5·13에 든다. 投射裝置에 의해 投射된 레이저 스폿 光의 대상물로부터의 反射光을 TV 카메라로 받아서 화면의 위치를 검출, 투사장치와 TV 카메라의 位置關係로 反射點의 3次元 位置를 계산하는 것이다. 스폿 光을 렌덤으로 스캔함으로써 3次元의 특징점이 얻어진다. 스폿 光 대신에 슬릿 光을 사용하면 TV 화면내의 모든 點의 거리 정보를 고속으로 측정할 수 있다. 射光法에 의해 얻어진 情報은 앞 節의 微分法, 領域法을 사용해서 처리할 수 있고 또 슬릿 光의 形狀을 효과적으로 이용하는 것도 시

도되고 있다. 이 方法은 曲面을 포함하는 對象을 취급할 때 특히 효과적인 手段이다.

### (b) 立体視

사람이 양 눈을 갖고 있는 것처럼, 2개의 TV 카메라를 사용하는 方法이다. 양 화면을 比較해



〈그림 5·13〉 레이저 트래커의 구성

그 對應點을 찾아내고 그들 양 화면내의 위치와 2개의 TV 카메라의 幾何學的 配置에서 對應點에 상당하는 物体上的 點의 3次元 位置를 決定한다. 대응점의 檢出은 對應點을 포함하는 小領域間的 比較의 반복이 되므로 시간이 걸리며 그것을 단축하는 것이 문제이다.

(c) 기타

책상 등의 水平面을 기준의 既知값으로 하고, 하나의 TV 카메라의 화면내 위치에서 계산하는 方法이나 레이저 光의 位相差를 檢출하는 方法 등도 있다.

(라) 畫像의 理解

前處理에 의해 얻은 線畫나 領域 등을 사용해서 畫像을 理解한다. 多面體 認識의 연구에서는 完全 線畫를 취급하는 立場과 不完全 線畫를 취급하는 立場이 있고 특히 前者에 대해서는 MIT에서의 일련의 연구에 의해 거의 완료하고 있다.

(a) 完全 線畫의 해석

前處理의 결과, 과부족이 없는 완전한 線畫가 얻어졌다고 가정하고 그 선화를 解析해 사람과 같은 이해를 계산기에 시키는 것이다. 이 시도는 Waltz에 의해 그림자를 포함하는 線畫에 대해 해결되었다.

그는 頂點의 형태를 ARROW, FORK 등 10종류로 분류하고 또 線分에 11種類의 性質을 주어 분류했다. 예를 들면 그림 5·14(a)의 “+”는 2개의 면이 凸로 교차해서 생기는 線分을 표시하고 “-”는 凹로 교차한 경우의 線分. 화

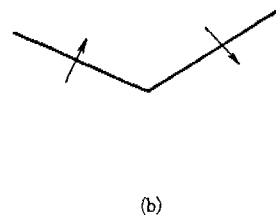
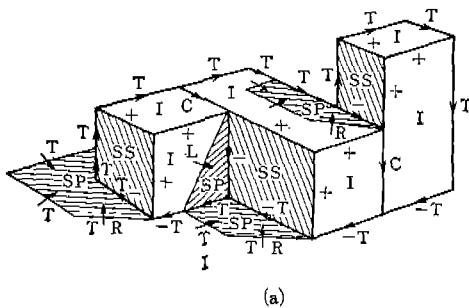
살표는 그 방향의 右側에 화면 후방을 감추는 物体가 존재하는 것, “C”는 2개 多面體의 面을 가지런히 놓았을 때의 均열을 나타내는 선분, 선분에 直交한 화살표는 그 선분이 그림자에 대한 境界인 것을 각각 의미한다. 組合論的으로는 각종 頂點에 여러가지 종류의 線分이 모이므로 이 경우의 數는 방대한 것이 된다. 그러나 그중, 物理的으로 존재할 수 있는 것은 약 2600가지 밖에 없다. 예를 들면 그림 5·14(b)와 같은 L形 頂點은 확실히 존재하지 않는다.

어떤 線畫가 주어졌을 때 이러한 物理的 實現性을 체크하면서 각 선분에 라벨 붙이기를 하고 모순없이 모든 線分이 해석되었을 때 선화의 해석이 되었다고 한다. 그림 5·14(a)는 이와 같이 해서 얻어진 예다. 面에 붙여진 I나 SS라는 기호는 조명 상태를 나타내는 記號이다. 이때까지의 發見的인 지식에 기초한 解析 시스템은 여러 번 잘못된 결과를 초래했지만 엄밀한 부호 붙이를 도입함으로써 質的으로 상이한 시스템으로서 完成되었다고 할 수 있다.

(b) 不完全 線畫의 解析

前述한 바와 같이 前處理만으로 完全한 선화를 얻는 것은 일반적으로 곤란하다. 完全 線畫에 대한 Waltz의 理論도 이러한 상황에서는 실제적이라 할 수 없다. 그래서 不完全 線畫의 해석이 행해지고 있다.

Falk는 다소의 線 결락은 허용하는 대신에 対象物을 9종류의 多面體로 한정하고 크기도 알고 있는 것으로 하여 不完全 線畫의 해석을 시도



(그림 5·14) 完全線畫의 解析

했다. 우선, 선분을 同一物体에 속하는 것 마다 모으고, 이어서 쉽게 推測할 수 있는 缺落線을 보충한다. 얻어진 각 部分 線畫와 준비된 모델의 완전 선화의 매칭을 하고 대상을 식별한다. 최후로 對應이 된 모델을 2차원 평면 위에 투영해서 원 선화와 비교해 대조의 우수성을 평가한다. 이 방법은 대상물의 크기를 사전에 알아야 한다는 점에서 일반성이 결여되어 있다.

(c) 曲面体の 해석

積木(블록스월드)에 있어서 曲面體를 포함하는 대상을 취급하게 되면 單純한 線畫의 해석만으로는 잘 인식할 수가 없다. 예를 들면 球의 윤곽선을 抽出해 보아도 원판과 구별할 수 없고 球面 그 자체를 表現하는 특징량을 얻어 둘 필요가 있다.

Horn은 光源과 TV 카메라의 위치관계가 既知일 때 미끈한 表面을 갖는 曲面物体에서 그 表面의 明度 分布에 대해 成立하는 偏微分 方程式을 유도, 數値積分에 의해 表面의 等高線를 구했다.

Horn의 방법은 明度 情報를 사용한 것이었지

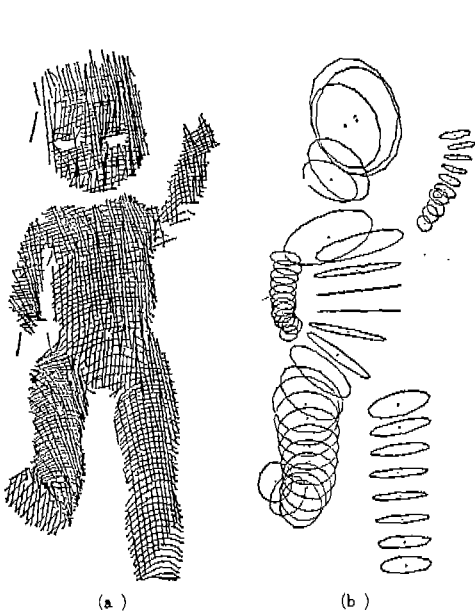
만 曲面物体에 대해서는 거리 정보의 利用이 특히 有效하다. 그것은 곡면상 임의의 점인 3次元 位置의 결정이 가능하기 때문이다.

Agin 등은 45° 경사진 2종류의 레이저 슬릿 光을 스캔해서 거리 정보를 入力하고 前處理를 해 그림 5·15(a)에 든 것과 같은 直線과 2次 曲線으로 된 線畫를 얻었다. 대상은 인형이다. 이어서 거리 정보를 원용해서 일반화된 원통으로 각 부분을 近似시켰다. 그림 5·15(b)는 이와 같이 해서 처리된 결과다.

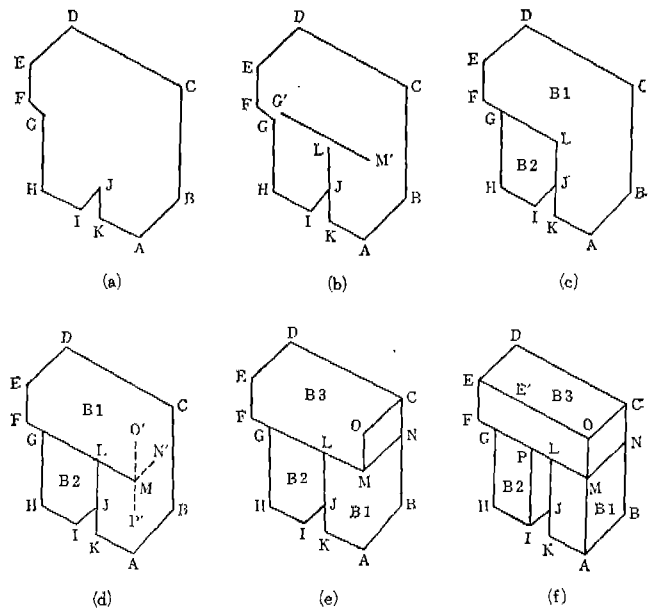
曲面體에 대해서는 이외에도 여러가지 시도를 하고 있지만 일반적인 방법은 아직 없다.

(d) 意味情報와 制御構造

不完全 線畫, 曲面體, 그리고 풍경 등, 대상을 만들어내는 세계에서 가일층 現實인 세계로 되는데 따라서 單純하고 確立적인 方法이나 우리들의 인식 경험과 無緣의 발견적 지식을 사용하는 方法에서는 취급이 어려워진다. 完全 線畫의 해석에서의 Walty의 成功도, 多面體 세계에 부과된 엄격한 物理的 여러 구속 중에서 人



〈그림 5·15〉 人形의 円筒 近似



〈그림 5·16〉 非階層的手法에 의한 多面體의 解析

間이 認識 때에 이용하는 것을 모두 物化함으로써 비로소 가능했다고 생각된다.

非階層的 처리의 예를 그림 5·16에 든다. 物体와 背景의 밝기가 다르다는 것을 전제로 하면 物体와 背景의 경계가 가장 구하기 쉽기 때문에 우선 (a)와 같은 선화를 얻을 수 있다. 다음, 이 형태에서 안쪽의 境界線을 예측하고 그 예측의 정확성을 原畫의 明度情報에 들어가서 확인한다.

이와 같이 全体의 의미를 생각해 명확한 線에서 優先的으로 처리하므로 화면 전체에 동일한 처리를 하는 方法에 비해, 잘못을 범하기 어렵다는 장점이 있다. 이 手法은 曲面을 포함하는 대상에도 擴張해서 적용되고 있다.

Yakimovsky는 風鬚을 대상으로 해서 領域法을 사용할 때에 意味情報의 도입을 시도했다. 영역법에서는 인정하는 2領域의 해석이 같으면 그들을 병합해 가고 최종적으로 풍경 중의 道路나 自動車가 하나의 領域으로서 얻어지면 된다. 그래서 의미 정보를 領域의 해석에 관한 정확성이라 생각해서 부여해, 確率論的으로 併合의 可否를 결정하는 手法을 사용했다. 併合은 가장 정확한 영역부터 시행해 나간다.

이와 같이 物体認識에서 대상에 관한 물리적 성질, 기능적 성질 등의 의미 정보를 사용하고 또한 프로그램의 제어 구조에 잘 내장시키는 것은 아주 有效한 方法이고 우리들의 視覺 經驗에도 합치한다. 그러기 위해서는 종래의 톱 다운, 보텀업 등 간단한 제어 구조로는 불충분하고 低次的 처리에서 高次的 처리에 이르기까지, 대상의 의미를 충분히 파악해서 統轄할 수 있는 일반적인 제어 구조가 요망된다. 또 意味를 데이터 구조로 해서 여하히 表現하는가 하는 문제나 의미를 교환하는 맨·머신 인터페이스의 문제 등도 해결되어야 한다. 物体認識의 길은 아직도 멀다고 할 수 있겠다.

## (2) 視覺處理의 産業에의 應用

産業 오토메이션이 진보하는 데 따라서 生産性이나 製品의 質 향상과 多品種 少量生産 등 유

연성있는 生産 프로세스가 요구되고 있다. 그러나 반복 작업의 單調性이나 긴장의 지속 등에 의한 作業의 피로에 의해, 이런 요구와 相反하는 상황이 생기고 있다. 여기에다 危險한 작업환경을 피하기 위해서도 人間性의 관점에서, 인식 작업의 自動化를 목적으로 하는 視覺處理裝置 개발의 중요성이 클로즈 업되어 왔다.

本項에서는 産業에의 응용을 고려한 시각처리 장치에 대해 고찰한다. 일반적으로 産業用에 사용되고 있는 시각 장치의 入力部로서는 TV카메라가 사용되고 잡혀진 外界의 畫상은 제산기에 入力되어 대상 물체의 특징(예컨대 種類, 位置, 크기, 方向, 텍스처 등)이 抽出되고 그 기하학적 성질이나 物体間의 相對關係 등에서 인식이 행해진다. 실제의 제조 공정에서 취급되는 機械部品 등은 기름의 얼룩이나 먼지, 빛 반사 등과 같은 잡음으로 간주되는 것이 많고 또 그 構造 自体가 복잡하므로 인식은 쉽지 않은 경우가 많다. 認識 알고리즘 自体도 그 대상물 특유의 性質에 알맞는 것을 개발해야 한다.

### (가) 機械部品の 認識

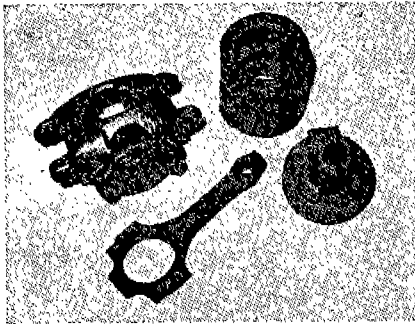
스텐포드 研究所의 Agin은 鑄造物의 識別, 폼프의 식별과 검사, 그리고 電球 꼭지쇠의 결함을 조사하는 시각처리 장치를 개발했다. 여기서는 鑄造物 식별의 예를 알아본다.

구조물은 벨트 컨베이어에 실려서 任意의 위치, 방향을 잡고 오므로 머니플레이터로 목적하는 장소에 운반하기 위해서는 物体의 식별과 위치, 방향이 視覺裝置에 의해 신속히 결정되어야 한다. 그러나 구조물은 일반적으로 진한 灰色이므로 보통의 벨트 컨베이어 위에서는 識別이 어렵다. 信賴性이 있는 처리를 하기 위해서는 對象으로 되어 있는 物体의 분명한 畫상을 얻을 수 있어야 한다. 그래서 이 시스템에서는 벨트 컨베이어에 형광물을 칠하고 TV의 렌즈에는 컬러 필터를 부착해 紫外線 램프로 조명함으로써 고분해능의 畫상을 얻는 연구를 하고 있다.

視覺 入力裝置로서는 100×100과 128×1인 다

이오드 어레이의 固体 TV 카메라를 사용하고 있다. 벨트의 垂直方向에서 물체를 보면 그림 5·17에 든 4개의 物体에 대해 그림 5·18과 같이 7가지 方法이 가능하다. 단, 벨트 위에는 部品은 단독으로 安定한 상태로 운반되는 것으로 가정했다.

여기서 物体의 測定 可能한 특징을 들면 위치에 대해서는 重心이나 인접한 四邊形의 中心, 形狀에 대해서는 면적, 면적의 평방근, 주위 길이, 重心에서 주위까지의 최대, 최소 그리고 평균 길이, 物体의 구멍수, 인접한 사변형의 크기 등이 있고, 方向에 대해서는 최소 慣性 모멘트 축의 각도, 重心에서 주위까지의 최대 지름과



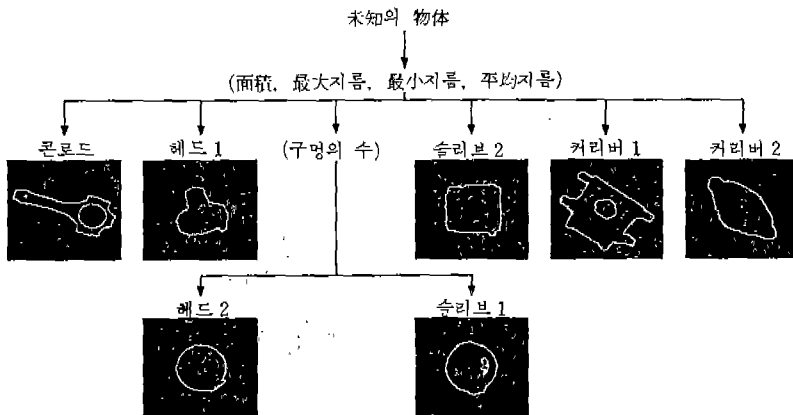
〈그림 5·17〉 識別되는 鑄造物

최소 지름 사이의 角度가 있다. 그림 5·18에 든 것처럼, 면적, 최대 지름, 최소 지름, 평균 지름에 의해 실린더의 頭部와 피스톤 슬리브 이외는 식별된다. 다음, 구멍의 數에 따라서 나머지 두개가 구별된다.

여기서 개발된 分類 알고리즘으로는 위에서 설명한 것과 같은 특징의 모든 것을 測定하고 가장 관련이 있는 것을 모아서 分類하는 方法과 어떤 物体와 다른 物体를 가장 잘 구별할 수 있는 특징의 최소 數만큼 측정해 분류하는 決定 트리法이 있다. 후자의 手法으로는 대상 물체의 프로토타입을 나타내는 것 뿐이고 자동적으로 식별하기 위한 특징을 선택할 수 있게 되어 있다.

하나의 部品을 인식하는 데 소요되는 시간은 미니컴 (PDP 11/40)으로 1초 이하이다. 이 시스템에서는 오퍼레이터가 계산기와 대화하면서 화상처리, 특징 추출과 의사 결정이 이루어져서 숙련치 못한 作業員도 효율적으로 시스템을 운용할 수 있는 이점이 있다.

다음에, 비슷한 기계 부품을 학습하고 인식하는 예로서 日本 谷内田씨가 개발한 예를 든다. 認識 對象은 벨트 컨베이어로 계속 운반되어 오는 가솔린 엔진의 여러가지 部品이다. TV 카메라에서 入力된 화상은 128×128 화소, 각 점 6 피트의 分解能으로 버퍼 메모리에 넣어진다.

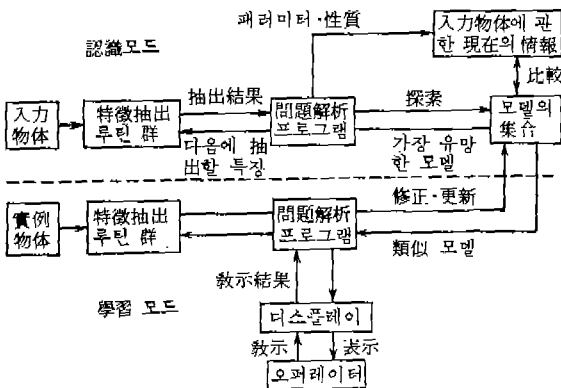


〈그림 5·18〉 認識의 프로세스

종래의 패턴 認識에서는 前處理, 特徵 抽出과 認識이라는 段階의인 方法을 사용하는 일이 많았지만 機械部品 등의 복잡한 物体에 대해서는 특징 추출의 단계에서 認識 때문에 필요하고 충분한 특징을 抽出할 수 없는 사태가 생기는 일 이 있다. 이 시스템에 있어서는 그림 5·19와 같이 物体의 모델이 인식 과정을 제어하는 方法을 취하고 있다.

즉, 이미 얻어진 모델의 集合과 未知의 入力 物体를 비교, 다음에 抽出해야 할 특징과 위치를 豫測하면서 인식을 하고 있다. 이 手法은 단계적인 方法과 비교해서 특징도 信賴性있게 抽出할 수 있고 인식 시간도 대폭 단축된다. 또 오퍼레이터가 실체 물체의 주된 특징을 디스플레이 위에서 敎示하는 것만으로 모델이 自動的으로 作成되는 학습 기능도 갖고 있다.

이 學習 모드와 認識 모드가 有機的으로 결합되어 복잡한 形狀의 유사한 物体를 효율적으로 認識하는 方式을 구성하고 있다. 실험 결과의 예를 그림 5·20에 든다. (a)는 前處理 후의 입력 물체의 미분 화상이고 (b)는 인식하는 데 사용된 윤곽, 구멍과 특징적인 線 등의 데이터를 그 화상에 걸친 결과이다. 실험은 12kW의 코어 메모리와 44kbyte의 버퍼 메모리를 갖는 미니컴 (PDP 8/E)으로 행해지고 認識時間은 약 30초, 學習에 요한 시간은 7분 정도였다.



〈그림 5·19〉 모델方式에 의한 學習認識의 블록도

(나) 方向 코드法에 의한 物体認識

종래의 實用域에 달한 視覺의 대부분은 2值 化상처리에 입각하는 경우에 限定되어 있다. 보다 일반적인 物体 認識의 實用化를 도모하기 위해서는 照明조건 변화, 촬영 장치 가 발하는 노이즈, 배경이나 표면 정보의 존재 등에 干渉 없이 安定하게 인식을 할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 일본의 依田씨 등은 方向 코드法이라는 映像變動의 영향을 받기 어렵고 항상 安定한 처리 결과를 얻을 수 있는 手法을 개발하고 있다. 인식 대상은 복잡한 배경 하에서 表面情報를 갖는 直方体 形狀의 物体라고 생각하고 응용으로는 物流 시스템에서의 荷物 認識을 想定하고 있다.

통상의 撮像裝置에서 얻어지는 明暗 映像  $f(x, y)$ 는 조명 상태나 배경 물체의 변화에 의해서  $g(x, y) = af(x, y) + b$

(여기서  $a, b$ 는 각각 콘트라스트, 레벨 변동을 나타내는 패러미터)와 같이 변화하며 예컨대 동일 物体에서도 항상 같은 映像이 얻어진다고는 할 수 없다. 여기서 入力된 明暗映像을 方向 코드 映像으로 변환하고 이후의 인식처리는 모두 이 方向 코드 映像을 기초로 해서 행하게 된다. 方向 코드 映像  $A(x, y)$ 은 다음과 같은 변화에서 얻어진다.

$$A(x, y) = \text{Arg} \left( \frac{\partial f(x, y)}{\partial x}, \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \right) + \frac{\pi}{2}$$

(mod  $2\pi$ )

여기서 Arg는 偏角이다.



(a) 微分像

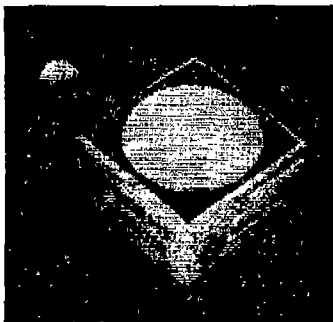
(b) 結果

〈그림 5·20〉 實驗結果

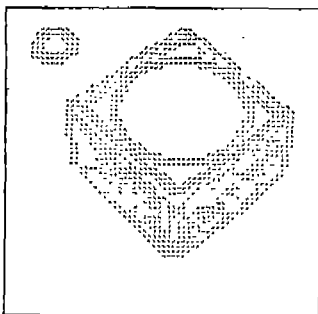
方向 코드  $A(x, y)$ 는 映像의 변동에 대해 不変, 또한 繪素의 값 자체에 明暗 境界의 方向을 갖는다는 기하학적 의미가 있다. 그림 5·21은  $256 \times 256$  繪素에서 8피트의 明暗 映像을  $3 \times 3$ 의 마스크에 의해 64방향의 方向 코드 영상으로 변환한 결과다. 이와 같이 方向 코드 映像을 入力로 해서 方向 코드 발생의 빈도 분포, 投影 分布나 方向 코드 필터 등의 마크로 처리를 해서 物体의 윤곽을 구한다.

다음에 直方体の 表面 情報은 투영 분포를 푸리에 變換해서 기본파에서 제 4 고조파까지의 계수의 절대값을 특징 벡터로 함으로써 얻어진다.

이 특징 벡터는 미리 변환된 표준 벡터群과 비교되어 未知의 표면 정보가 인식된다. 여러 개의 物体는 映像面을 여러 개의 블록으로 分割,



(a) 明暗映像  $f(x, y)$



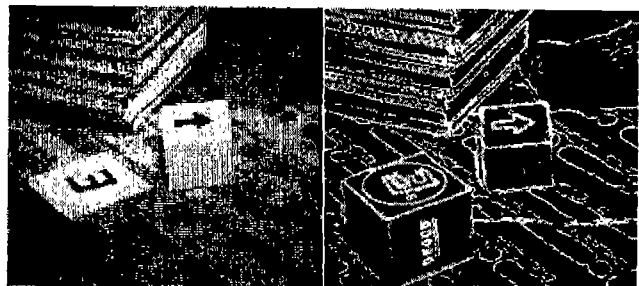
(b) 方向코드映像  $A(x, y)$

〈그림 5·21〉 明暗映像과 方向코드映像

특징이 同等한 블록을 順次 통합함으로써 分割된다. 이 원리에서 實驗을 한 결과를 그림 5·22에 든다. 상당히 복잡한 배경이라도 충분히 直方物体를 분리할 수 있다는 것을 알 수 있다. 認識에 요하는 시간은 背景 分離로 40~80초 정도, 위치 형상과 표면 정보의 認識으로 약 50초 정도이다. 여기서 개발된 方向 코드法이나 데이터 壓縮 알고리즘 등에 의한 마크로한 映像處理方式은 直方体 認識 고유의 것이 아니고 각종 生産工程에의 응용이 가능할 것이다.

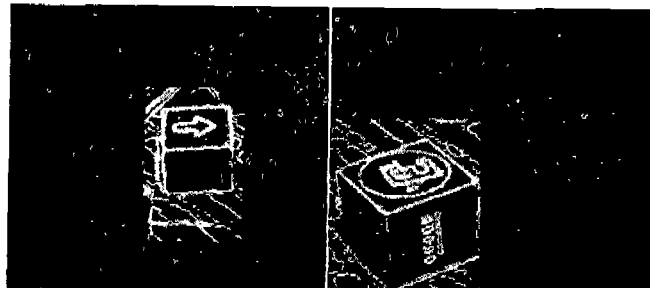
#### (다) 일렉트로닉스 部品の 檢査

프린트 基板, IC 마스크의 흠 검사나 IC 칩등의 부착 위치의 검사 등은 종래, 사람의 눈으로 하고 있었다. 그러나 對象이 되는 패턴은 복잡하고 또한 흠은 미소하기 때문에 目視檢査를 하는 경우, 지속적인 긴장 때문에 피로해 安定된 검사 정밀도를 나타내기가 곤란하다. 그래서 이 檢査工程을 자동화하려는 움직임이 한창이다. 이러한 檢査의 實用化 例로서 프린트 배선 기판



(a) 入力映像

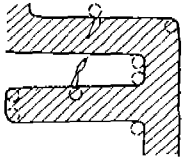
(b) 方向코드映像



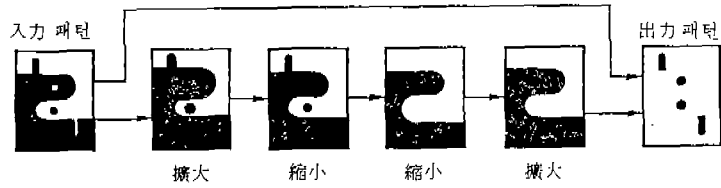
(c) 分離物体 1

(d) 分離物体 2

〈그림 5·22〉 直方体 映像分離例



〈그림 5·23〉 프린트 基板의 正常部와 홀



〈그림 5·24〉 擴大縮小法에 의한 홀抽出의 原理

의 홀 인식 장치가 日本의 目瀬, 鳥野씨 등에 의해 개발되었다.

그림 5·23과 같이 明暗入力を 黑과 白으로 2值化한 패턴에서 正常인 부분은 전기적 제약에 의해 黑의 部分도 白의 部分도 어느 일정 이상의 幅을 갖고 端部나 分岐部에서 적당한 둥그스름한 모양이 되어 있다. 즉 正常部에서는 黑白 어느 것이나 어떤 일정 반지름의 원 輪적으로서 표현되지만 홀이 있는 부분에서는 그 반지름보다 작은 원을 포함한다. 따라서 대상 패턴의 작점이 이러한 일정 반지름의 원 輪적으로 되어 있는지의 여부를 判定함으로써 正常部와 홀의 분리가 가능해진다.

이 홀 抽出原理에 기초해서 프린트 기판을 ITV 카메라로 입력해 浮動 2值化 회로 등을 사용해서 分解能을 높여 미소부 抽出, 境界面 수정 등의 처리를 하고 최종적으로 홀만이 抽出되고 있다. 이와같이 해서 얻어지는 홀은 앞에서 설명한 일정 반지름인 원의 輪적으로서 表現할 수 없는 부분이다. 홀 抽出의 手法은 여러가지 개발되고 있지만 「만약 홀이 없다면 이렇게 될 것이다」라는 準正常 패턴을 자기가 創出하고 對象 패턴과 비교하는 方法(「擴大 縮小法」이나 「周圍 平均法」)과 대상 패턴에서 직접 홀을 抽出하는 方法으로 大別된다.

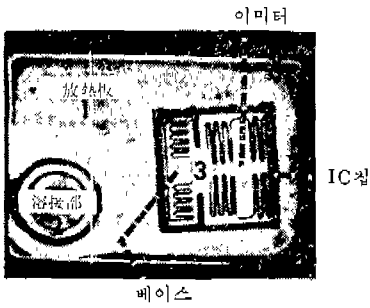
그림 5·24는 확대 축소법의 原理圖이다. 먼

에너지節約의지혜

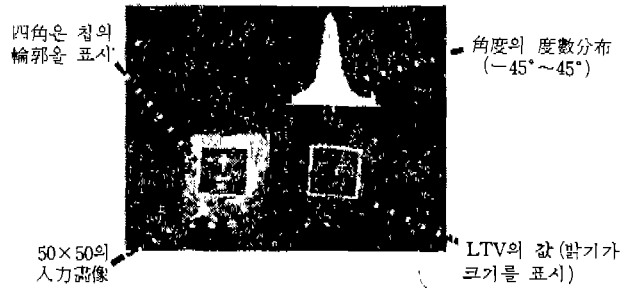
기름을 아끼는 방법

- 일년에 한번이상 내부의 그을음과 가스덩이를 청소해야 합니다. (기름절약 10%)
- 연통과 굴뚝내부를 청소하면 그을음발생이 없어 집니다.
- 버너의 공기조절을 잘하면 불완전 연소가 없어 집니다.
- 기름여과기도 정기적으로 분해 청소합니다.
- 너무 자주 쪄다 쪄다하면 기름이 많이 듭니다.
- 보일러실의 창문을 열어 통풍이 잘 되도록 합니다.
- 실내의 적정온도 유지를 위해 실내온도 조절기를 활용합니다. (정상시: 18℃, 취침시: 16℃)
- 심지의 탄화물을 제거하고, 불꽃을 정상화염으로 맞추어 연소효율을 높입니다.
- 반사판을 자주 닦고, 과열이 되지 않도록 합니다.
- 사용도중 급유를 하지 말고, 가끔 환기를 합니다.
- 빨래물이나 커튼부근에 두지 않습니다.





〈그림 5·25〉 IC 칩



〈그림 5·28〉 處理 例

M	N	P	Q
H	C	E	A
G	D		
F	B		

〈그림 5·26〉 로컬 템플레이트

1	2	2	1
2	-1	-2	-3
2	-2		
1	-3		

〈그림 5·27〉 무게

저 黑의 部分을 均일하게 확대한 후, 같은 分量만큼 축소하면 白의 미소부가 역늘려서 復元하지 않는다. 다음, 黑의 部分을 축소하고 擴大하면 黑의 미소부가 없어지고 準正常 패턴이 된다. 이것과 入力 패턴을 비교하면 흠이 抽出된다. 이 手法을 사용하면 패턴을 기억할 필요가 없고 컴퓨터를 필요로 하지 않는다는 잇점이 있다.

入力 畫面은 320x240 繪素이고 1 畫面의 처리 속도는 1/60초다. 이 장치는 컬러 受像機의 배선 기관의 검사에 實用化되어 사람의 7배 以上の 흠 抽出 能力이 있다는 것이 확인되고 고객에게 引渡 후의 不良 事故가 없어졌다고 한다.

다음, 自動車의 엔진 點火用 IC 칩의 부착 위치 검사를 컴퓨터로 自動化한 GM社의 예를 든다. 그림 5·25에서처럼 IC 칩은 放熱板 위에 부착되고 왼쪽 아래에는 溶接部가 있다. 검사목적은 IC 칩의 위치를 계산해, IC 칩이 너무 경사졌다, 형태가 작다, 모가 깨져 있다, 완전히 깨져 있다는 등의 결함을 1초 이내에 발견해 내는 일이다.

入力は 50x50의 다이오드 어레이를 사용해서 固体 TV 카메라로 16레벨의 밝기인 畫像으로서 얻어진다. 화면 전체에 3x3의 미분 조작을 하고 明暗 境界의 方向 히스트그램을 만든다. IC 칩의 영역에서는 0°와 90°의 방향 경계가 많으므로 거의 0° 부근에 피크가 나타난다. 만약, 피크의 위치가 벗어나 있으면 IC 칩의 부착 각도가 不良이라고 간주한다. 正常인 것에 대해서만 부착 위치를 검사한다. 그림 5·26에 든 것처럼, C의 위치에 있을 때의 밝기 값에 그림 5·27의 무게를 더한 값(LTV)을 계산하면 稜線部가 어둡고 白의 部分이 밝으면 큰 값이 된다. 이 처리를 全体에 실시하면 IC 칩의 左上의 角에 왔을 때 최대값이 된다. 동일하게 왼쪽 아래, 오른쪽 위, 오른쪽 아래의 角도 구할 수 있다.

바른 位置가 구해지지 않는 경우는 불량으로 본다. 그림 5·28에 처리 예를 든다. 좌측 아래는 50x50의 입력화상, 우측 위에는 각도의 히스트그램, 우측 아래는 LTV의 값(밝기)을 표시하고 있다.

이상 두가지 예 이외에도 저울면 가공을 한 실리콘 웨이퍼나 露光 前의 마스크 表面을 레이저 광선으로 走査해, 反射光에 이상이 있으면 그것을 흠으로 인식하는 장치나 릴레이 스위치의 접촉 부분의 결함을 自動的으로 검사하는 장치 등이 있고 앞으로 많은 自動檢査裝置가 개발될 것이다.