

# 로봇의 視覺시스템

崔宗秀  
(中央大 工大 助教授)

■ 차

레 ■

- 1. 머릿말
- 2. 人工知能로봇의 視覺시스템
  - 2.1 場面の 入力
  - 2.2 特徵의 抽出
  - 2.3 場面の 記述
  - 2.4 場面の 認識
- 3. 行動을 위한 視覺시스템
- 4. 産業用로봇의 視覺시스템
  - 4.1 物體의 位置 決定
  - 4.2 物體의 形態 등의 檢査
- 5. 音樂演奏를 위한 視覺 시스템
- 6. 맺는말  
참고문헌

## 1 머릿말

現代는 電子萬能의 自動化時代라고들 하나, 造物主(存在한다고 하면)에 의해 創造된 動物만큼 完全한 것은 없을 것이다. 人間만큼 自動制御가 잡되는 機械를 만들기 어렵고, 개구리가 하루살이를 잡아 먹을 때, 뛰는 角度, 혀바닥 내어미는 時刻등을 事前에 미리 豫測하여 100% 正確한 半斷을 내려 거의 失手없이 하는 것과 같은 自動化機械(로봇) 역시 만들어 내기란 쉽지 않을 것이다.

그러나, 人間은 自身の 편리를 위해 자신이 해야 할 作業의 一部를 機械에 代行시킬 目的으로 人間과 닮은 分身을 造物主가 아닌 人間의 손으로 製作하여 해왔다. 이러한 努力의 結果로, 現在는 많은 自動化機器가 各種의 生産라인에서 活躍하고 있다. 즉, 製造工程의 自動化에 있어, 檢査工程, 外觀檢査 및 選別등을 從來에는 많은 檢査員에 의해 直接 눈으로 행해졌으나, 最近 話題가 되고 있는 産業用로봇과 그 一部를 맡아서 해 주고 있다.

이렇게 로봇에 人間이 해야 할 一部를 맡게끔 하기 위해서는 人間처럼 外界를 知覺할 수 있는 能力이 있어야 하고, 그래서 外界의 變化에 적절히 對應할 수 있어야 한다. 예를 들어 視覺機能의 경우,

눈과 頭腦의 一部에 相當하는 視覺認識機能등이 必要하게 된다. 그러나, 아직도 實用레벨의 産業用로봇은 知覺能力까지는 갖고 있지 못한 極히 單純한 判斷力을 부여시키고 있다. 이때 必要한 것이 畫像認識 및 理解技術이다. 이는 圖形 혹은 外部世界를 보아서 認識, 判斷하는 機能을 機械에 實行시키는 技術이다.

따라서, 本稿에서는 장차 人間의 視覺과 頭腦의 一部를 代行해 줄 人工知能로봇의 視覺裝置와 그 根本原理와 理論的 背景의 概要를 解説하고자 한다.

## 2 人工知能로봇의 視覺시스템

1960年代의 後半부터 美國 MIT를 비롯하여 컴퓨터에 TV 카메라나 머니퐁레이터(manipulator)를 連結해서(소위, Hand eye system), 外部世界를 認識하고, 그 結果에 의해 쌓아둔 角木을 집어내는 등의 實驗이 盛行되었다. 이러한 시스템을 人工知能로봇이라 부른다. 꿈의 未來型로봇으로 指向한 어프로우치라고 생각된다.

그러면, 人工知能이란 무엇인가. 그것은 「現代의 情報處理 技術로서는 도저히 實現이 困難한 人間의 高度한 知能에 될 수 있는대로 가까운 것을 機械(컴퓨터에 의해 實現하는 것)」이라고 할 수 있다. 이는

표 1. 人工知能의 概念

人 間 機 能		人 工 知 能	
頭 腦	記憶, 論理 機 能	知 識 베 이 스 (自然言語理解) 問題解決, 推 論	推 論 系
눈, 귀	(視 覺) 入 力 機 能 (聽 覺)	画 像 認 識  音 声 認 識	感 覺 系
입 손 발	出 力 機 能	音 声 合 成 머 니 유 레 이 터 移 動 機 構	動 作 系

人間的 頭腦에 相當하는 推論시스템, 로봇트가 살고 있는 환경에서 TV카메라나 마이크로폰등을 利用하여 畫像이나 音聲을 認識할 수 있게하는 感覺시스템, 로봇트가 환경에 적절히 對應할 수 있게 움직이는 動作시스템으로 구성된다.( 표 1 참조) <sup>7)</sup>

이중 視覺시스템에 관한 研究는 그뒤 獨立되어 가는 傾向이 강하다. 認識對象은 初期의 角木 들만이 存在하는 世界(Block world)에서 책상위의 場面, 屋內的 場面, 屋外的 場面등도 取扱하게끔 되었고, 움직이고 있는 물건의 認識도 試圖할 수 있게되었다. 이에 관한 연구를 畫像理解(Image understanding), Computer Vision, 物體認識, Scene analysis 등으로 불리우고 있으며, <sup>1)~6)</sup> 特徵으로는 「人間과 같은 過程으로 畫像이 나타나고 있는 場面に 관한 記述을 만들어가되, 그 各 過程에 對象에 관한 知識을 利用한다」라고 하는 人間과 마찬가지로 物體에 관한 理解 過程을 導入하였다.

이렇게 高度의 視覺시스템을 實現하는 데는 여러 課題가 있다. 이를 便宜의으로 나누면 다음과 같다.

- (1) 場面の 데이터를 機械(컴퓨터)에 入力 시키는 것.
- (2) 場面の 데이터에서 有用한 特徵을 抽出해 내는 것.
- (3) 特徵의 性質이나 特徵相互間의 關係를 使用하여 場面을 나타내는 (記述하는) 것.
- (4) 未知 場面の 記述과 既知 場面の 記述를 매칭시켜 보아서 物體의 範圍를 정하고, 物體의 이름, 位置, 狀態를 알아내는 (認識하는) 것.
- (5) 既知의 物體에 관한 記述(모델링)을 作成하는 것.

上記와 같은 順序로 처리해 가는 方法을 Bottom-up 혹은 Data-driven 이라고하고 이와 달리 事前에서 얻은 場面の 特徵과 매칭시키는 方法을 Top-do-

wn 혹은 Model-driven 이라 한다. 複雜한 場面을 理解하기 위해서는 上記 두 方法의 混合處理를 必要로 하기도 한다.

上記 各 處理段階에 관해 概觀해 보기로 한다.

2.1 場面の 入力

場面을 컴퓨터에 입력시키는데는 濃淡畫像이 많이 사용된다. 濃淡畫像의 各點에 대한 밝기를 문턱치와 비교하여 2值畫像을 얻어 낸다. 2值畫像은 데이터량이 적고 쉬우나 物體 內側에 있는 稜線등을 抽出할 수 없다. 컬러畫像은 濃淡畫像보다 많은 情報를 포함하여 有利하나 데이터량이 많아진다. 이와 같은 入力에는 TV카메라를 사용하는 예가 많다.

機械가 3次元 世界를 認識하기 위해서는 物體의 位置, 狀態, 形態, 크기등에 관한 情報를 얻을 수 있어야 하고, 이를 위해서는 먼저 物體의 空間座票과 라메타를 測定할 수 있는 視覺시스템이 갖추어져야 한다. 이 視覺시스템은 對象으로 하는 패턴의 次元에 따라 두가지로 大別할 수 있는데, 그 하나는 物體의 2次元 畫像을 取扱하는 것이고, 다른 하나는 奥行(距離) 情報를 포함하는 3次元 畫像을 다루는 것이다. 이중 보통 많이 取扱되고 있는 前者의 경우 人間の 視覺에서와 같이 2次元 畫像으로 부터 어떠한 方法으로 奥行情報를 끌어 내야 하는데, 이 抽出 方法 中에 兩眼立體視(Binocular stereo vision)의 原理를 利用하는 stereo 法이 代表的이다. 이 方法은 두 画面間에 對應되는 特徵點을 檢出하여, 그 奥行距離를 三角測量에 의해 알아 낸다. 이를 보다 발전시킨 것이 補助投光器(例: Slit光, Spot光, Grid光등)를 利用한 시스템이다.(그림 1 참조) <sup>8)</sup>

上記 方法은 2개의 카메라를 쓰거나 혹은 그중 하나를 補助投光器로 代置한 경우이다. 그러나 이와 달리 人間은 觀測點의 移動으로 한쪽 눈만으로도

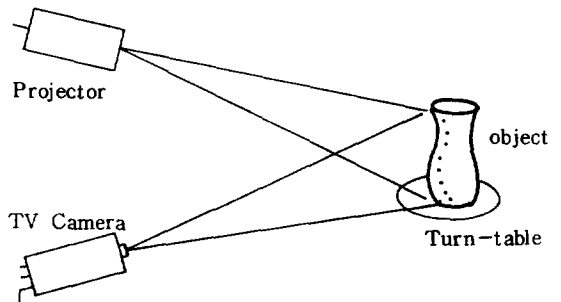


그림 1. spot sequence의 補助投光器를 이용한 Computer vision system. <sup>8)</sup>

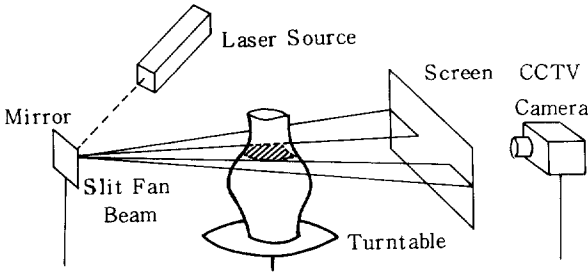


그림 2. 運動立體視를 사용한 場面の 入力시스템<sup>9)</sup>

양쪽눈의 立體感에 가까운 立體視를 얻는 運動立體視 (Motion stereo vision)를 사용하여 3次元의 情報를 抽出해 내는 시스템이 있다. (그림 2 참조)<sup>9)</sup>.

### 2.2 特徵의 抽出

入力된 画像데이터는 양이 많고, 狀況이 限定되어 있지 않은 이상 직접 目的으로 하는 判斷을 내리기가 어렵다. 이를 위해 元來의 데이터에서 도움이 될 만한 特徵를 抽出해 내는 것은 매우 重要하다.

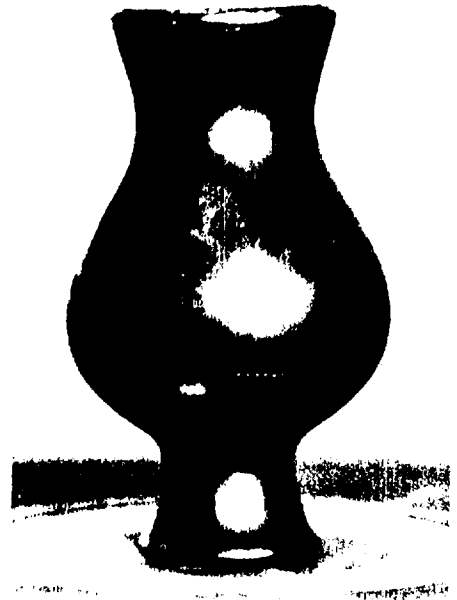
이러한 때 가장 많이 사용되는 것이 線面이다. 이 線面作成의 順序를 나누어 본다면, ① 밝기의 急變點 抽出, ② 線素의 檢出, ③ 線素의 連結로 된다. (그림 3 참조)<sup>10)</sup>.

急變點 抽出에는 주로 微分오퍼레이터를 사용하고 있으며, 이 微分오퍼레이터는 物體의 境界面을 強調

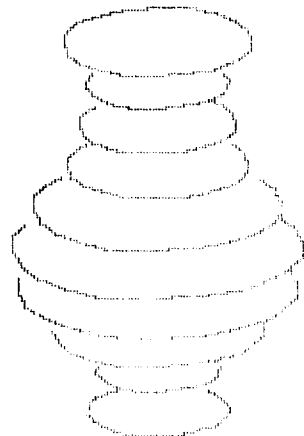
해 주나, 동시에 雜音도 強調해버리기 때문에 線素를 檢出 處理해야 하는 경우도 생기게 된다. 보다 具體的인 것은 다른 文獻으로 미룬다.<sup>11), 6)</sup>.

上記의 處理만으로 完全한 線面을 얻어내기 곤란한 때도 있다. 이러한 경우는 画面全體의 意味를 考慮해가면서 처리한 需要가 있게 된다.<sup>11)</sup>. 또한 画面全體의 情報와 處理對象에 관한 知識을 사용하는 경우도 있다.<sup>12)</sup>

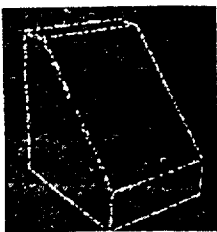
그림 4는 그림 2의 시스템으로 測定된 物體의 例를 보인다.<sup>9)</sup>



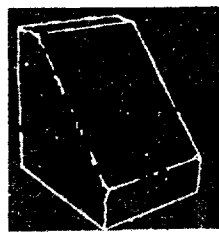
(a) 實物



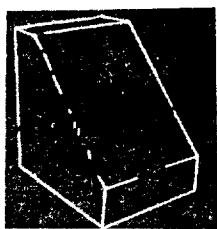
(b) 測定된 物體



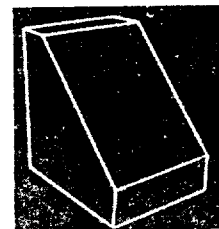
(a) 線素의 檢出



(b) 線素의 連結



(c) 直線의 連結



(d) 線面

그림 3. Roberts에 의한 線面의 抽出過程<sup>10)</sup>

그림 4. 그림 2의 시스템으로 測定된 物體의 例<sup>9)</sup>

### 2.3 場面の記述

入力된 데이터로부터 抽出한 特徴의 數值的인 特性이나 場面 各部 사이의 特徴關係를 使用하여 場面の 記述을 하는 것이다. 이에 의해 場面の 解釋이 容易하게 되며 場面の 認識을 可能하게 한다. 對象으로 하는 物體가 多面體로 限定되어 있으면 境界線, 面으로 나타내나, 曲面物體를 나타내기에는 不適當하다.

物體 位置의 움직임이나 回轉이 2次元面內에 制限되어 있을 때, 平面에 수직한 方向에서 카메라로 본다면, 2次元的인 記述로 충분한 경우가 있다. 境界의 線圖形에 注目하여 線上的 距離와 경사도의 관계 혹은 重心에서의 距離와 角度에 의해 記述 하는 方法, 또는 面에 注目하여 그 面積, 周長, 形狀指數 ( $4\pi \cdot \text{面積} / \text{周長}^2$ ), 모멘트 등으로 記述하는 方法이 있다. 그리고 領域의 骨格線을 抽出해서 이에 의해 記述하는 方法도 있다. 보다 구체적인 것은 다른 문헌으로 넘긴다.<sup>1), 4)</sup>

Barrow 등<sup>3)</sup>은 場面の 밝기가 거의 균일한 領域을 구해서, 領域과 領域사이의 關係를 나타내는 特徵量을 計算하고, 場面을 이것에 의해 그래프 形式으로 記述하였다. (그림 5 참조).

혹은 物體의 3次元데이터로부터 各點의 法線을 구해서 이로부터 領域을 구해 記述하거나<sup>13)</sup>, 物體를 空間的인 曲線의 軸과 軸에 따른 斷面으로 나타내는 一般円筒의 技法으로 記述하기도 한다.<sup>1)</sup> 그림 4와 같이, 物體가 水平斷面의 集積으로 되어 있는 것으로 보고, 各斷面의 形狀의 모임으로 記述하는 方法도 있다.<sup>9), 14)</sup>

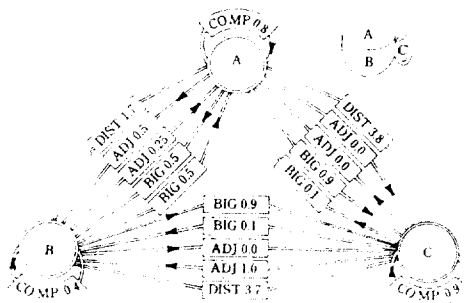


그림 5. 領域의 關係에 의한 場面の 記述<sup>3)</sup>

### 2.4 場面の認識

場面の 認識에서는 場面の 各部分을 解釋해서, 그것들이 既知의 物體에 있어 어느 部分에 對應되는 가를 決定하는 것이 基本的인 課題라 할 수 있다.

單純한 物體라도 3次元的인 移動이나 回轉을 許容할 경우, 그 관측점이 변해버리므로 認識에 어려움이 있게 된다.

線面를 對象으로 한 경우, Roberts<sup>10)</sup>는 直六面體와 三角柱의 3次元 모델을 사용했다. 線面의 頂點과의 對應을 가정해서, 移動이나 回轉에 의해 가장 그들이 맞게끔 했을 때, 그 어긋남이 충분히 작다면 가정한 物體가 存在한다고 보았다.

Guzman은 複數個의 多面體가 중첩된 場面に 관한 完全한 線面가 일어진 것으로 해서, 個個의 物體를 分離하는 技法을 開發했다. 線의 接續點을 화살형이나 포오크형 등으로 分類한 다음, 各型 마다에 領域間의 接續規則을 定해 두어, 이 規則에 따라 領域끼리를 接續하고, 연결되어 있는 영역으로 부터 物體를 分離했다. Huffman은 線面에 오목한 것 혹은 볼록한 것별로나 배경과 물체의 경계등을 나타내는 라벨부착에 관해 연구했다.<sup>4)</sup>

이系統의 研究에서는 그뒤 그림자를 포함하고 있는 場面に 대한 Waltz의 研究, 3次元 데이터에서 線面를 抽出하는 데에 頂點辭典을 利用하는 연구 등으로 발전했다. 그러나 이 당시 거의가 完全한 線面를 前提로한 線面解釋이었으나, 角木단의 世界(Block world)가 아닌 一般的인 場面の 解釋에는 上記前提가 만족되기 어려울 뿐더러 또한 前述의 方法이 그대로 適用 可能할 것인가에는 의문이 있다. 허나 初期의 이러한 視覺研究는 견고한 基礎를 만들었음에는 틀림이 없다.

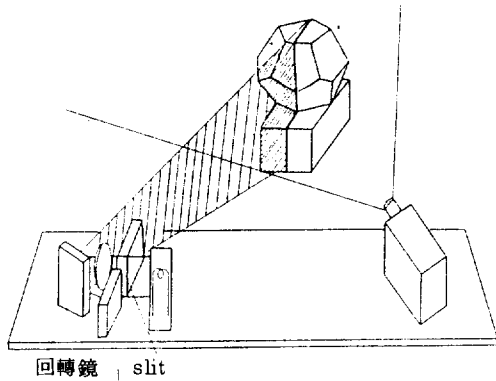
Shirai<sup>12)</sup>는 책상 場面の 濃淡圖像으로 부터 線面를 抽出하여, 스탠드, 책, 전자기등을, 확실한 특징을 실마리로 해서 순서적으로 인식해냈다.

Barrow<sup>3)</sup>는 圖像에서 추출된 領域의 屬性과 領域間의 關係를 모델의 것과 매칭시켜보아서, 검, 연필등을 認識했다.

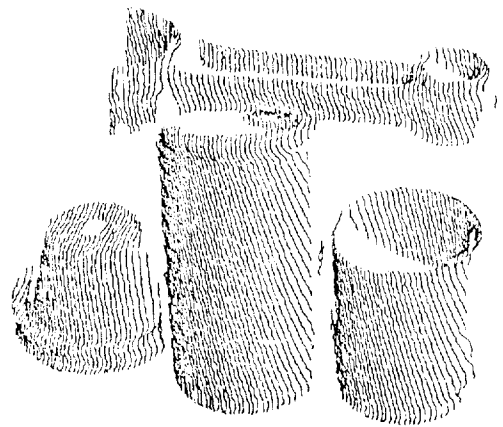
Oshima<sup>13)</sup> 등은 3次元데이터에서 구한 物體의 面의 特徵이나 面間의 關係를 같은 形式의 모델 데이터와 매칭시켜 보아서, 쌓여 있는 物體를 認識했다. 이結果를 사용하면 物體의 3次元的인 位置나 자세를 決定할 수 있다. (그림 6 참조)

### 3 行動을 위한 視覺시스템

머니튜레이터로 物體를 잡던가, 로봇의 移動을 위해 視覺裝置가 必要하다. 行動을 위해서는 高速의 處理를 要하므로, 處理를 可能限한 簡單히 하는 로봇의 世界를 限定하여, 이 拘束된 條件下에서



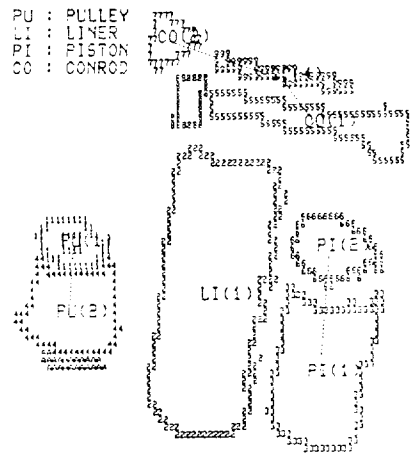
(a) slit 光 投影法에 의한 3次元레이타의 入力装置



(b) 入力된 slit 의 메이타



(c) 3次元메이타로부터 구한 領域



(d) 3次元메이타를 利用한 認識技法의 結果

· 그림 6. 3次元메이타를 利用한 認識<sup>13)</sup>

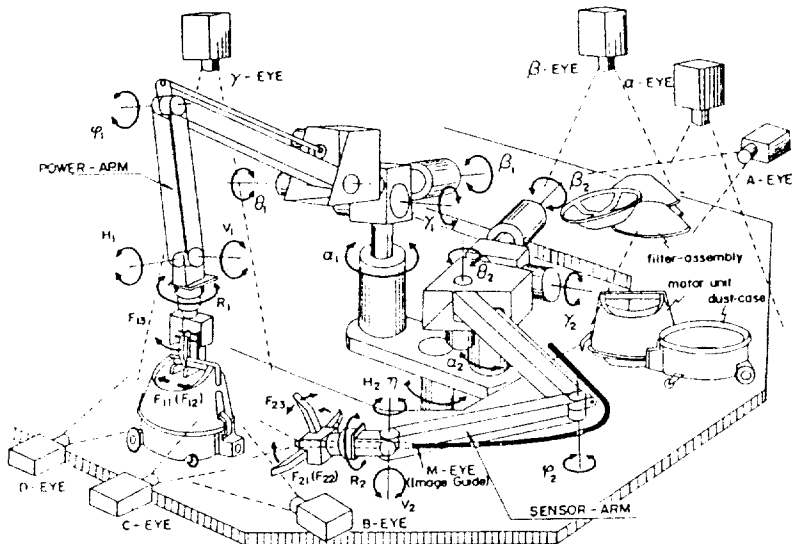


그림 7. 히타치에서 만든 掃除機의 自動組立시스템<sup>15)</sup>

3次元의인 位置나 姿勢를 決定하고, 움직이게 한다.

그림 7<sup>15)</sup>은 複數個의 카메라와 머니튜레이터를 사용해서 掃除機의 組立을 하는 시스템의 實驗圖이다. ①  $\beta$ -eye 에 의해 쌓여 있는 필터의 맨윗 것을 찾아서, ②  $\alpha$ -eye 에 의해 모터 유니트의 핸들부분을 알아내어, ③ B, D-eye 와 r-eye 에 의해 수직면내와 水平面內의 모터유니트, 다스트 케이스의 位置關係등을 포착하여 손과의 協助로 所定의 關係가 되도록 하고 있다. 이 시스템은 다수의 카메라를 사용하여, 各各은 2次元画像上의 位置를 檢出하는 것만으로 全體적으로는 3次元의인 位置 및 姿勢를 認識하는 것과 同等한 效果를 내고 있다.

最近 盛行되고 있는 아크 溶接의 自動化를 위해, 머니튜레이터의 손끝에 부착된 投影器로 스트리트光을 投影해서, 面에 닿은 光을 TV카메라로 포착, 3次元데이터를 얻고, 이로 부터 平面을 찾아내어 사전에 記憶되어 있는 對象面間의 角度와 매칭시켜서 손을 유도하고 있다.<sup>16)</sup>

#### ④ 産業用로봇 視覺시스템

視覺機能을 使用하여 주로 製造工程分野를 自動化하는 것이 그 目的이나, 適用의 業種등에 따른 研究를 必要로 하고 있다. 實用的인 視覺시스템을 基本機能別로 나누면, ① 物體의 位置決定, ② 物體의

크기 計測, ③ 物體의 狀態 檢査, 등으로 나눌 수 있다.

#### 4.1 物體의 位置 決定

自動製造機械등에서는 部品이 指定된 位置나 姿勢로 한 경우가 많다. 小型인 部品에서는 배치 리더로 정렬시키는 경우도 있으나, 일반적으로는 어렵다. 이를 위해 視覺에 의한 位置決定, 方向決定이 크게 要求된다. 現在 가장 實用化가 進진되고 있는 쪽이 半導體 製造部分으로, 칩內部的 電極과 리이드 프레임上의 外部電極間을 接續시키는 와이어 본딩 工程의 自動化이다. (표 2 참조<sup>17)</sup>).

그림 8은 原理圖이다.<sup>17)</sup> 먼저 바로 위에서 본 트랜지스터의 映像을 (a)에서와 같이 2值化한다. 또한 (b)와 같은 部分패턴은 事前에 標準패턴으로 記憶되어 있는 것이다. 目的으로 하는 2值化 映像패턴中에서 標準패턴과 一致하는 곳을 찾아내어 그 對應關係로 부터 칩의 位置 및 姿勢를 認識한다. 認識하는 데는 두군데의 對應點이 발견되면 되나, 그이상의 패턴을 준비해 두어 信賴度를 向上시키고 있다. 또한 位置回轉의 오차는 微小한 것으로 하고 회전에 對應된 辭典패턴을 준비해 두므로 해서 辭典패턴과의 매칭시에는 단순한 中점에 의한 一致度만을 구하면 되도록 하고 있다.

표 2. 産業用 視覺附 로봇의 例

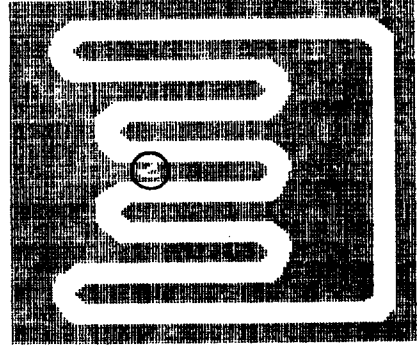
하 는 일	應 用 例	센 서	画 像 处 理 技 法		製 造 企 業 的 例
			2 值 化	处 理 方 法	
位 置 決 定	Bonding · 트랜지스터, IC의 다이본딩 · Wire bonding	◎비 디 콘 ○리니어 센서	◎浮動 ○그외	◎ Template matching ○投 影 法	히 타 치 마 썬 시 다 미 썬 비 시 NEC
	組 立 · 볼트 의 끼움	◎ 비 디 콘 ○ 에 리 어 센서	"	◎ Template matching	히 타 치
	溶 接 · 아크 용접의 位置決定	◎비 디 콘 ○에리어 센서	"	○ Edge 檢 出 ○강성 측정	미 썬 이 조 선 히 타 치 조 선
檢 査	複 雜 한 配 件 · 프린트基板 · IC · 마스크 패턴	◎리니어 센서 ○비 디 콘 ○레저	"	◎局部特徵抽出 ○모아레利用 特 徵 抽 出 ○레이저光回折 ○컬러	후 지 썬 히 타 치 미 썬 비 시 NEC
	個 体 · 약품캡슐정제	○TV카메라	그 외	○강성 측정	후 지 전 기

(◎: 잘 사용되는 것)

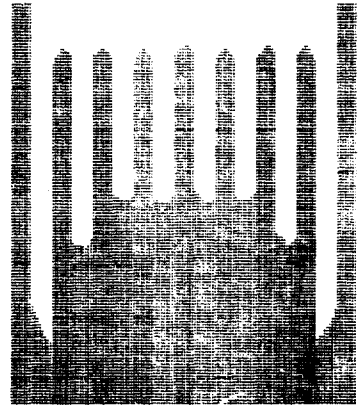
4.2 物體의 形態 등의 檢査

프린트基板이나 IC 마스크, 醫藥品의 製造에서는 패턴이 設計된 대로 되어 있거나, 흠등의 存在加否를 目視檢査할 필요가 있다.

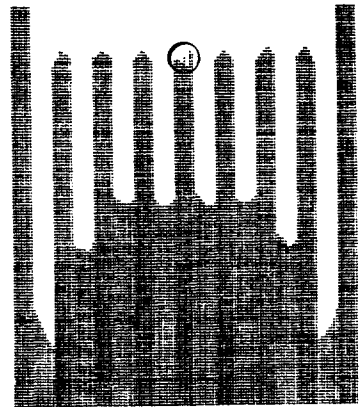
그림 9는 半導體마스크의 흠 檢出 例를 보인다.<sup>18)</sup> 加算投影法에 의한 方法은 標準패턴의 記憶을 要하나, 擴大縮小法<sup>20)</sup>은 入力되는 패턴自體에서 擬似標準패턴을 만들어 내므로 자주 바뀌는 入力패턴에 대한 認識에 有利하다.



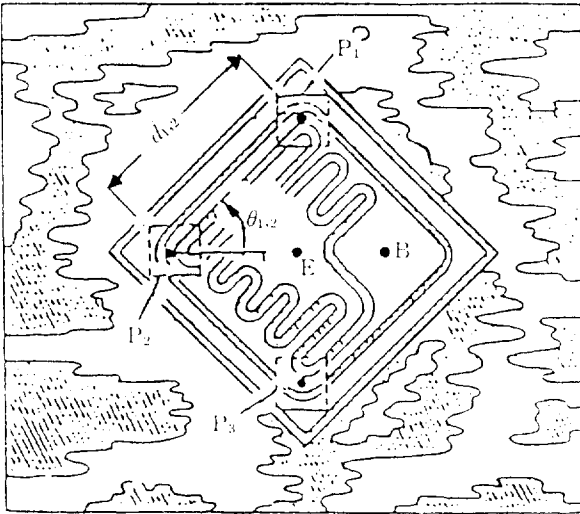
(a) 흠을 가진 半導體마스크



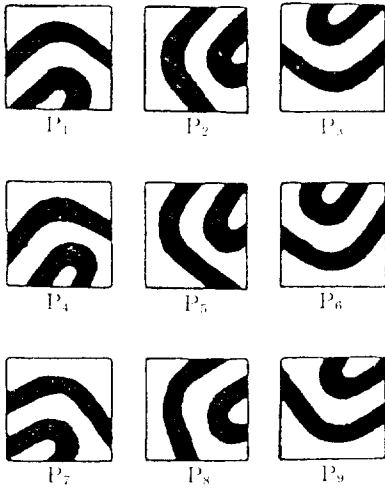
(b) 水平方向 加算投影值  
(標準패턴에 의한 것)



(c) 水平方向 加算投影值  
(원인 부분이 흠)

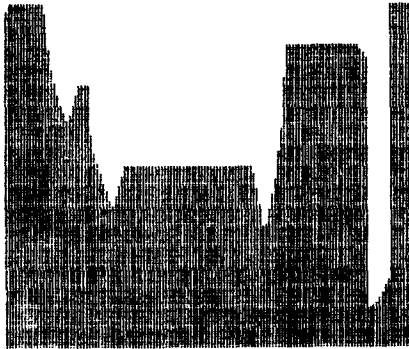


(a) 이미지 패턴과 距離 및 角度的 檢定

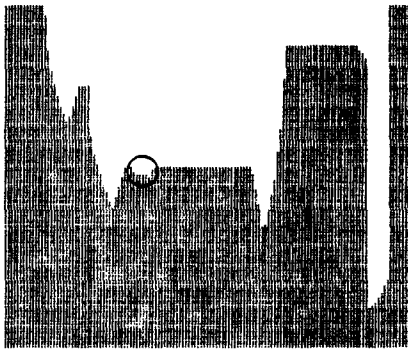


(b) 部分패턴의 例

그림 8. 트랜지스터 칩의 位置決定<sup>17)</sup>



(d) 수직방향 가산투영치  
(표준패턴에 의한 것)



(e) 수직방향 가산투영치  
(원의 부분이 음)

그림 9. 加算投影法에 의한 半導體 마스크의 후 檢出<sup>18)</sup>

### 5 音樂演奏를 위한 視覺시스템

컴퓨터 音樂 分野에서는 그동안 音樂情報를 코우드화한다든지 音樂 데이터 베이스 시스템을 構成하여 音樂情報를 分類 및 檢索하는 方向으로 研究되어왔다.

그러나 최근 컴퓨터에 視覺裝置를 附着하여 樂譜圖像을 認識하고, 그 認識된 結果를 로봇트팔에 전달하여 無人自動演奏를 實現하기 위한 움직임도 있었다.

그림 10<sup>19)</sup>은 인쇄악보의 音樂演奏를 위한 視覺시스템이다. TV 카메라로 잡혀진 樂譜는 디지털에 의해 디지털信號로 바뀌어 컴퓨터에 入力되고, 이는 前處理過程을 거쳐 樂譜認識에 들어간다. 이때 五線, 마디, 음표, 쉼표, 숫자, 文字, 기타 부호등의 認識이 要求되나, 五線, 마디, 음표, 쉼표, 부호등을 除外한 것은 그 位置나 變化가 일정한 편이므로 對象外로 하고 있다. 여기서 認識을 위해 쓰이는 알고리즘은 加算投影法이 채용되고 있

다. 이렇게 認識된 악보는 다시 잠시 記憶되었다가 P. S. G. (programable sound generator) 라고 하는 音樂合聲器 (VLSI 素子)에 의해 2重和音 8 옥타브까지의 연주를 스피커를 통해 내어주게 된다.

### 6 맺는말

人間이 取得하는 情報中の 60%以上이 視覺에 의한 것이라고 한다. 따라서 人間の 視覺機能을 代行해 줄 로봇의 視覺시스템은 그 重要性이 한층 더 強調되어야 할 것이다. 最近 人工化能에 관한 國際會議에서 發表되고 있는 分野中 컴퓨터 비전에 관한 것이 急增되어 半以上을 차지하고 있는 것도 쉬운 例이다.

本稿에서는 아직도 研究知向의 性格을 띄고 있는 人工知能로봇의 視覺시스템에 관해 記述 하였고, 이들의 研究를 바탕으로 하여 needs에 答하는 形式인 應用知向인 産業用로봇의 視覺시스템에 관해 言及하였다. 끝으로 等者의 研究室에서 發表한 인쇄악보의 認識에 관해 간단히 소개하였다.

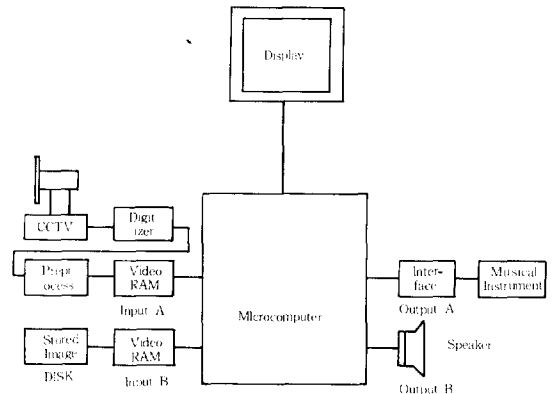


그림 10. 音樂演奏를 위한 視覺시스템<sup>19)</sup>

### 참고문헌

- 1) D. H. Ballard and C. M. Brown: Computer vision, prentice - Hall (1982)
- 2) R. O. Duda and P. E. Hart: Pattern classification and scene analysis, John wiley & sons (1973)
- 3) H. G. Barrow and J. M. Tenenbaum: "Computational vision", Proc. of IEEE, 69, 5



- (1981)
- 4) P. H. Winston: The psychology of Computer vision, MCGrow-Hill (1975)
  - 5) 白井良明: コンピュータビジョン, 昭晃堂(1980)
  - 6) A. Rosenfeld and A. C. Kak: Digital picture processing, Academic press (1976)
  - 7) 崔宗秀: "知能로봇의 開發狀況과 그 課題" 大韓電氣協會誌, No. 83, p. 8 - 12 (1983. 11)
  - 8) 김성현, 최종수: "프로젝트 이미지에 의한 물체의 형상계측" 대한전자공학회 하계 종합학술대회 논문집, pp. 351- 353 (1984)
  - 9) 김덕수, 최종수: "Measurement and representation of 3-D curved objects by simple back-projection algorithm", 大韓電子工學會論文誌, 22, 1 (1985. 발간예정)
  - 10) L. G. Roberts: Machine perception of three-dimensional solids, in J. T. Tippett et al. (ed.), optical and Electro-optics Infomation processing, MIT press, p. 159 (1965)
  - 11) G. R. Grape: "Model based computer vision", Stanford Artificial Intelligence Memse, AIM- 201 (1973)
  - 12) Y. Shirai: "Recognition of real-world object using edge cue" in computer vision systems (eds. A. R. Hanson and E. M. Riseman)', pp. 353- 362 (1978)
  - 13) M. Oshima and Y. Shirai: "Object recognition using three-dimensional information", IEEE PAMI- 5, 4, pp. 353- 361 (1983)
  - 14) Y. Sato and I. Honda: "Pseudodistance measures for recognition of curved objects", IEEE PAMI- 5, 4, pp. 362- 373 (1983)
  - 15) K. Takeyasu, et al: "An approach to the integrated intelligent robot with multiple sensory feedback" 7th ISIR, p. 523 (1977)
  - 16) J. Kremers et al: "Development of a machine-vision based robotic arc-welding system", 13th ISIR pp. 14- 19 (1983)
  - 17) 柏岡, 江尻, 坂本: "時分割パターン認識技術による群制御トランジスタ組立システム", 日本電氣學會論文誌 C, 96, 1, p. 9 (1976)
  - 18) 주창희, 최종수: "컴퓨터를 이용한 복잡한 패턴에서의 결점추출", 대한전자공학회 추계종합학술대회 논문집, 6, 2, pp. 180- 182 (1983)
  - 19) 이명우, 최종수: "컴퓨터를 이용한 인쇄악보의 인식과 연주(II)", 上同, pp. 187- 190 (1983)
  - 20) M. Ejiri and T. Uno: "A process for detecting defects in complicated patterns", computer graphics and image processing, 2, pp. 326- 339 (1973)