

# CAD 모델을 이용한 3차원 영상 인식 기법

具 滋 性\*, 李 商 郁\*  
朴 學 載\*\*, 朴 忠 洙\*\*

\*서울대학교 電氣工學部 信號處理實驗室

\*\*大宇電子 福岡(후쿠오카) 研究所

## I. 머리말

최근 컴퓨터 기술의 급속한 발달은 기계 장치에 인간의 감각을 부여하는 일을 가능하게 하고 있다. 즉, 다양한 종류의 센서를 통하여 받아 들여진 정보를 토대로 기계가 스스로 판단할 수 있는 지능을 가지게 된 것이다. 그중에서도 컴퓨터를 이용한 영상 인식 기술, 즉 컴퓨터 시각(computer vision)은 30년이상 활발하게 연구되어지고 있는 분야이다. 컴퓨터 시각의 분야 중에서, 삼차원 영상으로부터 실세계의 물리적인 요소들을 구하고 이로부터 컴퓨터가 어떤 결정이나 판단을 내리기 위해 필요한 물체에 대한 설명(description)이나 분류(classification) 등의 작업을 수행하도록 하는 것이 삼차원 물체 인식이다. 특히 물체의 모델과 작업 환경에 대한 지식이 3차원 영상 인식 시스템을 동작시키는 바탕이 되는 시스템을 모델 기반(model based) 3차원 영상 인식 시스템이라고 부른다. 근래에 와서 산업체에서 완전 자동화된 조립 환경을 추구함에 따라, 이러한 모델 기반 3차원 영상 인식 기법에 대한 관심이 고조되고 있다.

모델 기반 3차원 영상 인식 시스템은 이미 알고 있는 모델이 센서에 의해 입력된 데이터에 포함되어 있는지 여부를 판단하는 것과, 만약 포함되어 있다면 그 위치와 자세(pose)를 정확하게 추출해 내는 것을 목표로 한다. 일반적으로, 이상적인 모델 기반 3차원 컴퓨터 시각 시스템은 다음과 같은 세 가지 특징을 가져야 한다.

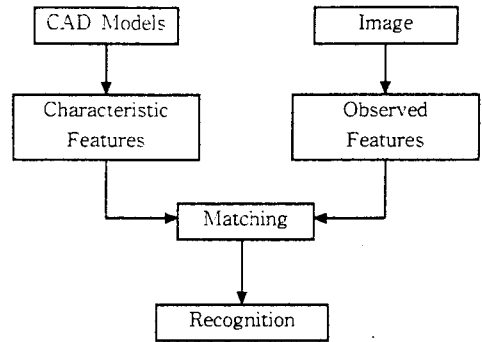
1. 임의의 복잡한 형태를 가지는 물체의 인식이 가능해야 한다.
2. 물체를 바라보는 위치에 관계없이 인식이 가능해야 한다.
3. 물체가 부분적으로 가려지더라도 인식이 가능해야 한다.

이와 같은 목표를 가지는 3차원 물체 인식 문제는 크게 두 가지 부분으로 나눌 수 있다. 하나는 물체의 모델링이고, 다른 한가지는 이미 저장되어

있는 모델링된 물체와 센서에 의해 입력된 영상과의 정합이다. 여기서 물체의 모델링이란 인식하려는 대상 물체의 여러 가지 특징 중에서 인식에 필요한 특징들만을 모아서 효과적으로 표현하는 것으로, 과거에는 물체의 모델링을 위해서 주로 수동적인 작업에 의존하거나 원하는 물체의 기준 영상을 통해 훈련시키는 방법에 의존해 왔다. 하지만 이 두 가지 방법 모두 인식하고자 하는 물체의 수가 많을 때에는 상당히 번거로운 작업일 뿐 아니라 일반적으로 모델링의 정밀도가 낮다는 문제가 있다. 따라서 보다 체계적인 물체의 모델링 방법이 필요하게 되었는데 이를 위해 1980년대 후반부터 CAD 모형을 이용한 물체의 모델링 기법이 활발하게 연구되어 왔다.

CAD 모형을 컴퓨터 시각 시스템에 이용하게 된 배경은 다음과 같다. 우선 두 시스템의 유사성을 들 수 있다. 즉, 3차원 모델 기반 컴퓨터 시각에서는 화면에 있는 물체를 인식하기 위하여 물체의 기하학적인 3차원 모델과 센서에 의해 얻어진 데이터를 이용하며, CAD 시스템은 설계 과정에서 기하학적인 3차원 모델을 만들어내는데 이용되고 있다. 이와 같이 기하학적인 3차원 모델을 다루고 있는 시스템이라는 유사성에도 불구하고 이 두 분야는 과거 한동안 완전히 분리되어 있었으며, 1980년대 말부터야 비로소 CAD와 컴퓨터 시각 시스템을 통합시키는 것이 생산 공정의 자동화라는 관점에서 연구의 초점이 되어온 것이다. 또한 물체의 CAD 모델은 물체가 설계될 때부터 존재하는 경우가 많기 때문에 이를 이용하여 물체의 모델링을 체계적으로 수행할 수 있으며, 이와 같은 이유로 대상 물체의 수가 많아지더라도 CAD 모델을 이용하여 효율적으로 모델들의 데이터 베이스를 구축할 수 있다는 점도 CAD 모델을 컴퓨터 시각 시스템에 이용하게 된 이유중의 하나이다<sup>[1,2]</sup>.

이와 같이 물체 기반 3차원 컴퓨터 시각 시스템 중에서 패턴 정합이나 인식의 기준이 되는 모델 데이터를 CAD 형식을 이용하여 체계적으로 얻는 시스템을 CAD 기반 3차원 컴퓨터 시각이라 하고, 현재 이 분야에 대한 활발한 연구가 수행되고 있다. 그림 1에 일반적인 CAD 기반 컴퓨터 시각



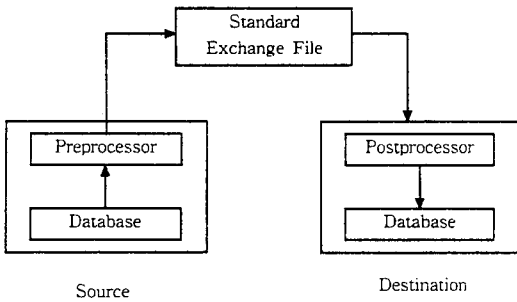
〈그림 1〉 CAD 기반 컴퓨터 시각 시스템

시스템의 구조를 제시하였다<sup>[3]</sup>.

그런데, 각각의 CAD 소프트웨어들은 일반적으로 고유한 데이터 형식을 가지고 있다. 그러므로, 비록 하나의 CAD 기반 컴퓨터 시각 시스템이 여러 개의 CAD 데이터 형식을 지원한다 하더라도, 그 컴퓨터 시각 시스템은 적용 범위가 한정되어 있다고 할 수 있다. 따라서, 일반적으로 CAD 모델을 이용하는 컴퓨터 시각 시스템에서는, 어떤 특정한 CAD 형식이 아니라, 다른 형식의 CAD 시스템간에 데이터의 교환을 위해 제정된 표준 파일 형식인 IGES(Initial Graphics Exchange Specification) CAD 형식<sup>[4]</sup>을 많이 사용하고 있다. 다음 장에서는 이 IGES CAD 형식에 대해 알아보도록 하겠다.

## II. IGES CAD형식

CAD(Computer aided design)의 목적은 컴퓨터를 이용하여 보다 효과적이고 경제적인 설계를 하고자 하는 것이다. CAD에 의한 설계는 다수의 설계자가 일관된 모델을 가지고 설계를 수행할 수 있으므로, 각 설계자 사이의 데이터 교환이나, 개념 설계, 구체 설계, 상세 설계 등 각 설계 단계 사이의 데이터 교환에 소요되는 시간을 대폭 단축시킬 수 있다. 또, CAD에 의한 설계는 반복 작업 뿐만 아니라, 단순한 오류의 발견, 수정 등을 자동



〈그림 2〉 시스템간의 제품 데이터 교환 순서

적으로 수행하므로 설계 작업에 소요되는 시간도 줄일 수 있다는 장점도 있다.

그런데, CAD 소프트웨어는 자신의 고유한 데이터 형식을 가지고 있으므로, 서로 다른 시스템간에 데이터를 교환하고자 하면, 한 시스템에서 작성한 제품 데이터(product data)를 다른 시스템에 적합한 데이터 구조로 변환하는 것이 필요하다. 이를 위해, 다른 기종의 CAD 시스템간에 제품 데이터의 교환을 위한 형식의 표준화가 중요한 문제로 대두되었다.

표준 데이터 형식을 이용한 시스템간의 제품 데이터의 교환 순서는 그림 2 와 같이 나타낼 수 있다<sup>3)</sup>. 주어진 CAD 시스템의 자체 데이터 형식으로부터 표준 교환 파일 형식으로 전환시켜주는 소프트웨어를 전처리기(preprocessor)라하고, 그 역의 과정을 수행하는 소프트웨어를 후처리기(postprocessor)라 한다. 따라서, 각 CAD 시스템이 공통된 표준 파일에 대한 전처리기와 후처리기를 가지고 있다면, 원칙적으로 모든 시스템 사이에서 제품 데이터의 교환이 가능하다. 현재 사용되는 표준 파일 형식에는 IGES(Initial Graphics Exchange Specification), DXF(Drawing interchange file), STEP(Standard for Exchange of Product model data) 등이 있다. IGES 파일은 대부분의 CAD 시스템이 제품 데이터 교환을 위하여 지원하고 있고, DXF 파일은 PC용 CAD 시스템간의 도면 데이터 교환에 주로 이용되고 있다. 한편, STEP 은 역사는 짧지만 그 범용성으로 인하여 궁극적으로는 CAD 제품 데이터 교환의 표준이 되리라 생각된다. 이 중에서 IGES는 미국에서 CAD 데이터 교환의 표준 형식으로 채택된 규격으로, 유

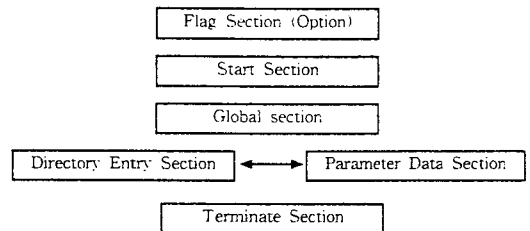
럽, 일본, 우리 나라 등을 포함하여 전세계적으로 가장 널리 사용되고 있다. IGES 는 그 이름에서 알 수 있듯이 서로 다른 CAD 시스템간의 제품 데이터 교환을 위해서 개발된 최초의 표준 파일 형식으로, CAD 시스템의 발전에 따라 자유 곡면, 3차원 솔리드 모델, 기본 입체(primitive)에 근거한 모델, FEM(finite element method) 모델 등을 취급할 수 있도록 확장되어왔다. 이제, 서로 다른 CAD 시스템간의 데이터 교환을 위한 표준 파일 형식이라고 할 수 있는 IGES CAD 형식에 대해 좀더 상세히 알아보도록 하겠다.

### 1. IGES 형식의 개요

IGES 형식은 CAD 시스템간의 데이터 교환을 목적으로 제정되었으며, 여기에는 2차원, 3차원 물체의 표현뿐만 아니라 회로도나 그 밖의 도면들을 위한 여러 가지 객체들이 정의되어 있다. 이중 3차원 물체의 표현에 사용되는 기하학적인 객체들로는 선, 호, 곡선 등과 평면, 회전면, 곡면 등이 있다.

### 2. IGES CAD 형식의 구조

IGES CAD 형식의 구조는 그림 3에 나타낸 것과 같은 6개의 부분으로 이루어져 있다<sup>1)</sup>. 여기서 'Flag section'은 파일의 형식이 압축형 ASCII 인지, 이진 형식인지를 나타내기 위해 사용되며, 파일이 정규 ASCII 형식일 경우에는 생략된다. 'Start section'은 송신 및 수신측 CAD 시스템의 이름 등의 관련 정보와 대상 제품에 대한 간단한 정보를 가지고 있으며, 'Global section'은 어느 전처리에 의해 만들어진 IGES 파일인지를 알려 주는 정보와 파일을 번역하기 위한 후처리기가 필요



〈그림 3〉 IGES CAD 형식의 구조

로 하는 정보를 포함하고 있다. 'Directory Entry section'(DE)는 IGES 파일에서 정의된 모든 요소들의 목록을 저장하며, 각 요소를 정의하는 실제적인 데이터는 'Parameter Data section'에 수록되어 있다. 한편 'Termination section'은 앞에 저장된 네 부분의 데이터들을 확인하기 위한 정보를 가지고 있다.

### 3. IGES CAD 형식의 주요 요소

IGES CAD 형식은 삼차원 물체의 표현을 위한 여러 가지 요소들이 정의되어 있다. 이 중 CAD 모형을 이용한 컴퓨터 시각에서 일반적으로 이용되고 있는 요소들과 이들이 포함하고 있는 정보들을 살펴보면 다음과 같다.

1. line(type 110)
  - 2선의 시작점, 끝점
2. Circular arc(type 100)
  - 호의 중심점, 시작점, 끝점
3. Conic arc(type 104)
  - 이차 곡선 방정식의 계수, 시작점, 끝점
4. composite curve(type 102)
  - 포함하고 있는 DE의 수, 선 조각의 포인터
5. Plane(type 108)
  - 평면 방정식의 계수, 경계선의 포인터
6. Block(type 150)
  - 각 면의 길이, 꼭지점, X 방향 단위 벡터, Z 방향 단위 벡터
7. Right angular wedge(type 152)
  - 각 면의 길이, 꼭지점, X 방향 단위 벡터, Z 방향 단위 벡터
8. Right circular cylinder(type 154)
  - 높이, 반지름, 한 면의 중심점, 중심축의 단위 벡터
9. Sphere(type 158)
  - 반지름, 중심점

현재, 대부분의 CAD 소프트웨어들은 IGES 형식으로의 변환을 지원한다. 따라서, 일반적으로 CAD를 이용하여 설계된 물체에 대해서는 IGES 형식을 이용하여, CAD 기반 3차원 영상 인식 기

법을 적용할 수 있다고 볼 수 있다. 이경우의 문제점은 IGES 형식이 물체의 표현을 목적으로 만들어진 것이 아니고 데이터 교환을 목적으로 만들어졌기 때문에 물체 표현 방법이 그리 체계적이지 못하다는 것이다. 즉 IGES CAD 형식 자체는 컴퓨터 시각에 적용하기에 적당하지 않다. 따라서 IGES CAD 형식을 컴퓨터 시각에서 이용하기 위해서는, IGES 형식으로 표현된 물체를 분석하여 모델링에 필요한 특징들을 유추해내는 적절한 과정이 필요하다.

## III. CAD 모형을 이용한 3차원 형상 인식

현재 많은 부품들과 조립품들은 CAD를 이용하여 설계되고 있다. 제조 과정이 집적화 될수록 CAD 데이터는 조립 계획, 조립 가능성 분석, 안정성 분석, 기계와 장비들의 프로그래밍, 그리고 제품 검사에 이르기까지 광범위한 분야에 이용되고 있다. 따라서 CAD 데이터를 이용한 3차원 물체 인식, 부품 위치 판단, 결함 검사 기법들에 대한 연구의 중요성이 증대되고 있다.

1980년대말 Bhanu는 'CAD based robot vision'이란 용어를 사용하여 CAD 모델과 컴퓨터 시각을 통합시킨 가상의 시스템을 제시하고 이 시스템의 특징을 다음과 같이 두 가지로 요약하였다<sup>[5]</sup>.

1. CAD 데이터 베이스로부터 삼차원 물체의 모델을 자동으로 생성한다.
2. CAD 데이터 베이스로부터 인식과 조작에 적합한 기법을 자동으로 생성한다.

여기서 알 수 있듯이 CAD 기반 컴퓨터 시각 시스템에서는 물체의 모델링과 인식과정 모두가 자동적으로 이루어지는 것을 목표로 하고 있으며, 이에 관한 많은 연구가 이루어져 왔다.

모델 기반 3차원 물체 인식 시스템에서는 미리 저장되어 있는 모델의 특징과 센서에 의해 입력된 데이터로부터 추출된 특징을 비교하게 되는데 이때 어떤 특징을 사용할지가 매우 중요한 문제가 되

며, 이는 곧 삼차원 모델링 방법에 관한 문제라고 할 수 있다. 이장에서는 우선 센서에 의해 입력된 물체로부터 특징을 추출하는 과정에 대해 설명하고, 그 다음으로 자동화된 물체 모델링과 영상 인식 기법에 대해 소개하겠다.

### 1. 데이터 획득 방법

3차원 시각 시스템의 입력이 되는 영상은 주로 2차원 영상과 3차원 영상이다. 여기서 2차원 영상은 카메라로부터 입력되는 밝기 분포이고, 3차원 영상은 그 값이 센서로부터의 거리를 나타내는 것으로 거리(range) 영상이라고도 한다. 이 중에서 여러 장의 2차원 영상을 이용하여 3차원 정보를 얻어내는 방법은 특별한 장비 없이 간단하게 삼차원 정보를 얻을 수 있다는 장점 때문에 많은 연구가 수행되어왔지만, 그 성능에 한계가 있다. 최근에 와서는 레이저 센서를 이용한 거리 정보 획득 기술이 날로 발전함에 따라 직접 얻은 3차원 거리 데이터를 이용한 컴퓨터 시각 시스템 및 알고리즘의 개발이 활발해졌다. 거리 영상은 밝기 영상에 비해 상대적으로 다음과 같은 이점을 갖는다. 우선, 거리 영상은 물체 표면에 대한 직접적인 정보를 제공하므로, 밝기 영상처럼 그림자나 과도한 빛의 반사등과 같은 주위 환경의 영향을 받는 일이 적다. 또, 물체가 겹쳐져 있는 부분을 보다 쉽게 찾을 수 있고, 획득 정보가 물체 표면의 위치 좌표 값이므로 크기 변화에 영향을 받지 않는다. 그러나, 아직 거리 데이터는 밝기 데이터보다 잡음이 약하고 그 획득 비용이 비싸다는 단점이 있다.

센서로부터 입력된 데이터를 얻은 다음에는 물체를 모델링하기 전 단계로 물체의 표현 방법을 결정해야 하는데, 삼차원 물체의 표현 방법에는 크게 나누어 표면 기반의 표현, 경계 기반의 표현, 체적 기반의 표현 세 가지가 있다.

표면 기반의 표현은 물체를 구성 면으로 표현하고 법선 벡터나 곡률과 같은 면들의 성질로 물체를 나타내는 것이다. 물체의 표면의 법선 벡터들을 단위 구상에 대응시킨 가우시안 영상(gaussian image)이 이에 해당된다. 가우시안 영상은 물체의 크기와 평행 이동에 관한 정보를 잃어버리게 되

는데 이를 보완하기 위해 EGI(Extended gaussian image)와 CEGI(Complex extended gaussian image)라는 표현 방식이 개발되었다. EGI는 물체의 크기 정보를 담기 위해 평면의 경우 표면의 면적을, 곡면의 경우 곡률의 역수 값을 단위 구에 대응시킨다. 이 표현 방법은 물체의 회전 이동에 관한 정보는 포함하지만 물체의 평행 이동에 관한 정보를 잃게 되는데, CEGI는 물체의 평행 이동 정보도 포함시키기 위하여 단위 구에 복소수 값을 대응시킨다. 여기서 이 복소수 값의 크기는 면적을, 위상은 표면의 원점으로부터의 거리를 나타내게 된다.

경계 기반의 표현은 물체의 표면이 변하는 점들을 정보로 저장한다. 그 결과는 B-spline 같은 삼차원 곡선으로 물체가 표현된다. 이러한 표현은 물체 면의 오목, 볼록한 성질을 잃어버리게 되어 완전한 표현을 할 수 없다는 단점이 있다.

체적 기반의 표현은 물체의 모양이 비교적 단순한 경우에 적용되며, 물체의 체적 정보를 직접 저장한다. 대부분의 CAD 형식에서는 이 체적 기반 표현 방법을 사용하는데, 이를 삼차원 물체 인식에 이용하기 위해서는 적당한 추론 과정을 거쳐 물체의 기하학적 특징들을 추출해 내어야 한다. 가장 대표적인 체적 기반 표현의 예는 CSG(constructive solid geometry)인데, 여기서는 기본적인 체적 요소들을 정의해 놓고 이들 간의 이진 연산을 통해 원하는 물체를 만들어 나간다.

이와 같은 물체의 표현 방법이 정해진 다음에는 대상 물체의 특징을 추출하여 모델 데이터 베이스와 비교함으로써 그 물체인 종류 및 자세를 알아내게 된다. 한편 센서에 의해 입력된 물체에 대한 정보를 이용하여 그 물체의 CAD 모델을 자동적으로 생성하는 기법도 개발되었는데<sup>[3]</sup>, 이 기법을 이용하면 대상 물체의 CAD 모델에서 인식에 필요한 특징들을 체계적으로 추출해 낼 수 있다.

### 2. CAD 형식을 이용한 모델링과 영상 인식

위에서 언급한 바와 같이 CAD 기반 컴퓨터 시각 시스템의 목표는 물체의 CAD 모델이 주어졌을 경우, 물체를 인식하고 위치 및 방향을 파악할 수

있는 적절한 시스템을 자동적으로 만들어 내는 것이다. 이와 같은 목표를 달성하기 위해서는 다음과 같은 문제들이 해결되어야 한다.

1) **기하학적 지식의 표현**: 물체의 기하학적인 모양에 대한 데이터는 안정성 있는 인식 기법에 있어서 중추적인 역할을 한다. 경우에 따라서는 물체의 명암등 기하학적 형태 이외의 데이터를 이용한 인식 기법이 더 유용할 수 있지만 그 적용 범위가 제한적일 수밖에 없다. 3차원 인식을 위한 기하학적인 특징들을 얻기 위해서는 CAD 모델을 컴퓨터 시각 표현으로 변환하는 기법이 필요하다.

2) **특징의 자동 선택**: 안정성 있게 검출될 수 있으면서 물체의 자세를 가장 잘 나타낼 수 있는 부분들이 인식과정에서 그 물체의 중요한 특징들로 고려되어야 한다. 더욱이 이런 특징들의 집합은, 현실적으로 가능한 어느 위치에서 그 물체를 관찰하더라도 그 물체임을 나타낼 수 있어야 한다. 이와 같은 특징 선택 문제를 해결하기 위해서는 인식 시스템을 자동으로 구성하는데 사용되는 기법이 사용 가능하다. 특징을 선택할 때는 일반적으로 다음과 같은 특성들이 고려된다.

- **희소성**: 특징의 발생 빈도를 나타낸다. 희소성이 있는 특징들은 물체를 빨리 구분해 내는데 유용하며, 탐색 트리에서 시작점으로 사용하기에 적당하다.
- **안정성**: 특징이 에러에 의한 영향을 덜 받고 얼마나 안정적으로 검출될 수 있는지를 나타낸다.
- **비용**: 특징을 계산하는데 필요한 복잡성을 나타낸다.
- **완전성**: 선택된 특징들이 가능한 시점에서 바라본 물체의 모든 형태를 나타낼 수 있는지를 나타낸다.
- **일관성**: 특징들이 얼마나 완전하게 물체의 자세(pose)를 규정할 수 있는지, 서로 다른 물체들간의 특징은 얼마나 다른지, 그리고 그 특징으로 물체를 정확히 구분할 수 있는지를 나타낸다.

3) **탐색 기법 합성**: 안정성 있고, 완전하고, 일관성 있는 특징들이 선택된 다음에는, 탐색 기법,

즉 인식 기법이 자동적으로 생성되어야 한다. 여기서 탐색 기법은 가장 중요한 특징과 그 특징이 화면에 존재한다는 것이 남은 탐색을 어떻게 제한하는지를 고려해서 정해져야 한다. 또한 이 탐색 기법은 전 단계에서 선택된 특징들과 그것들을 선택하는 기법과 최적으로 결합되어야 한다. 한편 탐색 기법의 생성은 특징 선택 과정뿐만 아니라 수행해야될 실제 과업에 의해서도 제한을 받는다. 따라서, 어떤 특정한 과업을 위한 탐색 기법은 다른 과업에 적용되었을 경우에는 그리 효과적이지 아닐 수도 있다.

이와 같은 문제들을 해결하기 위하여 Bhanu 와 Ho<sup>[5]</sup>는 CAD 모델을 이용하여 물체를 자동적으로 모델링하는 연구를 수행하였다. 이들은 표면의 점들과 법선, 표면의 곡률 등의 특징들을 이용하여 물체를 표현하였다. 또, Flynn 등은 BONSAI 라는 실제 시스템을 구현하였으며, CAD 모델로부터 자동으로 물체 인식을 위한 관계 그래프(relation graph)를 생성해 내었다<sup>[6]</sup>. 이것은 CAD 모델로부터 여러 가지 정보를 추출해 낸 형태인데, 시점(viewpoint)에 무관한 물체의 정보뿐만 아니라, 물체의 합성 영상에서 시점에 따라 달라지는 물체의 표면에 관한 정보도 포함하고 있으며, 정합 과정은 이 그래프에 의한 제약 조건에 따라 수행되게 된다. 한편 Arman 등도 삼차원 물체 인식 시스템을 구성하였는데, 이들은 CAD 모델로부터 인식 트리(recognition tree)를 자동으로 추출해내는 기법을 제안하였다<sup>[7]</sup>.

한편, CAD 모델을 이용하여 원하는 물체가 특정한 위치와 자세를 가졌을 경우의 거리(range) 영상을 합성해낸 다음, 이 합성된 거리 영상과 대상 물체에 대해 센서를 통해 얻은 거리 영상을 비교함으로써 정합을 수행하는 기법도 부품 결합 검사 등의 특수한 목적으로 사용되고 있다<sup>[8]</sup>.

#### IV. 맺는 말

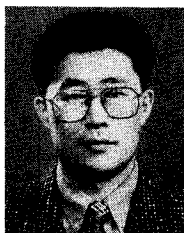
모델 기반 3차원 형상 인식에 필요한 물체의 모

델을 얻기 위하여 물체의 CAD 모델을 이용한다면, 기존의 수작업이나 학습에 의한 방법보다 훨씬 체계적이고 수월하게 방대한 량의 모델 데이터 베이스를 구축할 수 있다. 더욱이 제조 과정이 집적화 될수록 CAD 데이터는 비단 설계뿐만 아니라, 조립 계획에서 제품 검사에 이르기까지 광범위한 분야에 이용되고 있으므로, 제조 과정에서 나타나는 거의 모든 부품 및 제품은 CAD 모델을 가지고 있다고 할 수 있다. 따라서 CAD 기반 3차원 컴퓨터 시각은 공정 자동화라는 측면에서 매우 광범위한 적용 분야를 가지고 있다는 특징이 있다. 또한 물체의 CAD 모델과 작업 환경을 분석함으로써 그 물체의 모델링뿐만 아니라 효과적인 정합 기법까지도 자동적으로 생성해낼 수 있는 기법들이 개발되면서, CAD 모델을 이용하여 물체 인식, 부품 위치 판단, 결함 검사 등의 기능을 완전 자동으로 수행할 수 있는 공정 개발 또한 활발하게 진행되고 있다. 이와 같이 CAD 기반 3차원 영상 인식 기술은 공정 자동화 분야의 핵심적인 기술의 하나로서 향후 이 분야에 대한 꾸준한 연구 개발이 요구된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 구자성, Hough 변환을 이용한 캐드 기반 삼차원 물체 인식, 서울대학교 석사학위논문, 2월 1995년
- [2] C. Hansen and T. C. Henderson, "CAGD-Based computer vision," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 11, No. 11, Nov. 1989.
- [3] 심학준, 거리 데이터의 캐드 형식으로서의 변환, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 2월 1995년
- [4] K. Reed, D. Harrod Jr., and W. Conroy, *The Initial Graphics Exchange Specification (IGES) Ver. 5.0*, U.S. Department of Commerce, Sep. 1990.
- [5] B. Bhanu and C.-C. Ho, "CAD-based 3D object representation for robot vision," *Computer*, Vol. 20, No. 8, pp. 19-35, Aug. 1987.
- [6] P. J. Flynn and A. K. Jain, "CAD based computer vision : from CAD models to relational graphs," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 13, No. 2, Feb. 1991.
- [7] F. Arman and J. K. Aggawal, "CAD-based object recognition in range images using pre-compiled strategy trees," in *Three Dimensional Object Recognition Systems*, A. K. Jain and P. J. Flynn, Ed., Elsevier, Amsterdam, pp.115-134, 1993.
- [8] T. S. Newman, A. K. Jain, and H. R. Keshavan, "3D CAD-based inspection I : coarse verification," *Proceedings of ICPR*, 1992.

## 저자 소개



朴學載

1962年 6月 20日生

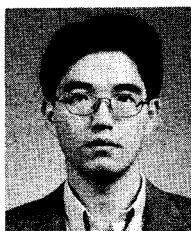
1984年 2月 연세대학교 전자공학과 졸업(학사)

1995年 2月 KAIST 서울분원 정보통신공학과 졸업(석사)

1983年 12月~현재

대우전자 영상연구소

주관심 분야: 영상압축, 화상인식, CG.



朴忠洙

1964年 8月 1日生

1987年 2月 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 졸업(학사)

1989年 2月 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 졸업(석사)

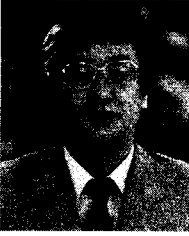
1995年 8月 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 졸업(박사)

1995年 8月~1996年 4月 대우전자 영상연구소 근무(선임연구원)

1996年 4月~현재 대우전자 후쿠오카 연구소 근무(선임연구원)

주관심 분야: 영상신호처리





## 李商郁

1949年 8月 11日生

1973年 2月 서울대학교 공과대학 전기공학과 공학사

1976年 5月 미국 Iowa주립대학교 전기공학과 공학석사

1980年 1月 미국 남가주 대학교 전기공학과 공학박사

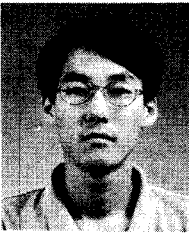
1973年 4月~1974年 8月 한국과학기술연구소 공중선연구실 연구원

1980年 1月~1981年 9月 미국 General Electric Co. 연구원

1981年 9月~1983年 3月 미국 MIA-COM. Research Center 선임연구원

1983年 4月~현재 서울 대학교 전기공학부 교수

주관심 분야: 신호처리, 통신, 컴퓨터 비전



## 具滋性

1970年 4月 21日生

1993年 2月 공학사(서울대학교 제어계측공학과)

1995年 2월 공학석사(서울대학교 제어계측공학과)

1996年 3月 박사과정 재학중

주관심 분야: 컴퓨터 비전