퍼스널 로봇을 위한 시스템 엔지니어링 기술 개발

Robot Software Platform

한국생산기술연구원

양광웅

2007. 9

목차

What is robotics software platform ?

- 통일된 프로그래밍 환경,
- 통일된 서비스 실행 환경,
- 재활용 가능한 요소들의 집합,
- 디버깅 및 시뮬레이션 환경,
- 로봇 하드웨어에 대한 드라이버 패키지
- 컴퓨터 비전/주행/암 제어 등과 같은 공통 수단에 대한 패키지

- à 여러 종류의 로봇 장치들에 대한 프로그래밍을 단순화 하는 소프트웨어 패키지

Why robotics software platform?

- 로봇 개발 비용의 증가
  - system integration
  - software development/customization
- Software platform simplify the job of robotics software engineers
  à 로봇 개발 비용의 감소

- 신뢰할 수 있는 다양한 소프트웨어 컴포넌트 + 단일 플랫폼

Robotic Software Platform

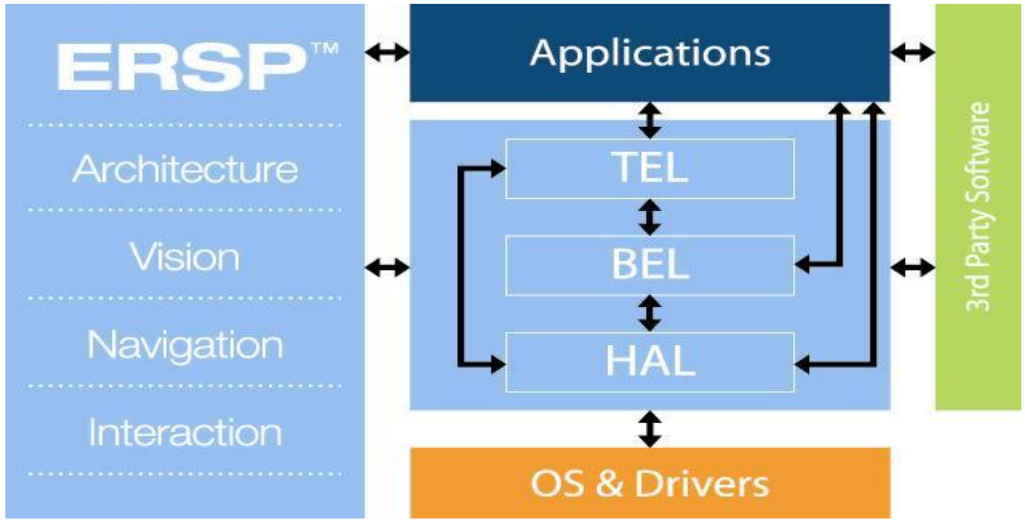
Platform	Type	
Evolution Robotics ERSP	Platform	Commercial
Microsoft Robotics Studio	Platform	Commercial Free of charge for research and hobby
OROCOS	Machine and robot control libraries	Open source & free
Skilligent	Robot learning add-on	Commercial
URBI	Platform	Commercial
Webots	Simulation environment	Commercial
Player, Stage, Gazebo	Platform	Open Source & Free
iRobot AWARE	Platform	Commercial
OpenJAUS	Platform	Open source
CLARAty	Platform	Open source

Overview of main players

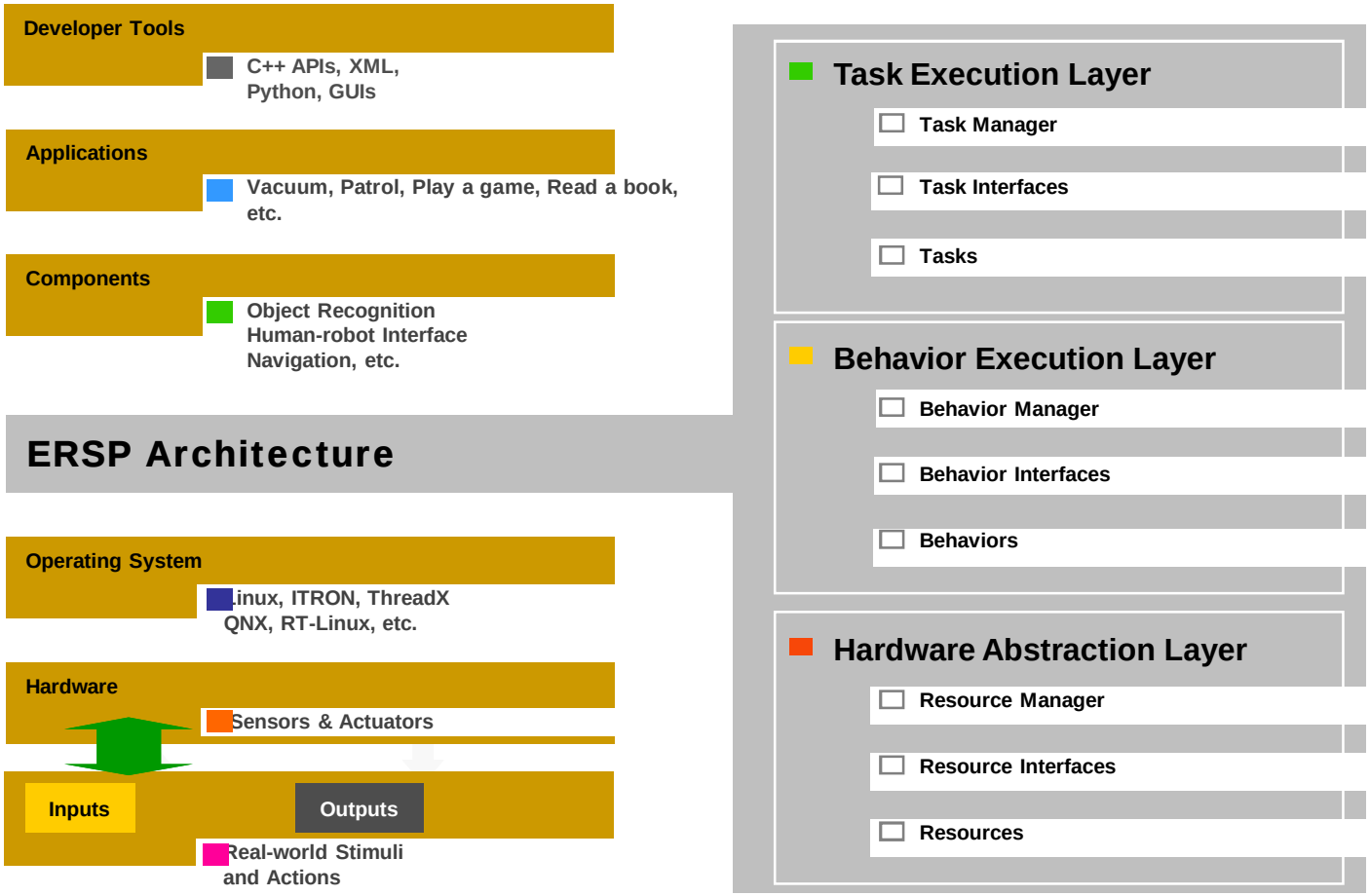
	Evolution	Microsoft	OROCOS	Skilligent	URBI	Webots	Player, Stage, Gazebo
Open source	No	No	Yes	No	No	No	Yes
Free of charge	No	Edu/hby	Yes	No	No	No	Yes
Windows	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes (sim)
Linux	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Distributed environment	No	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes (limited)
Behavior coordination	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No
Built-in robotic arm control	No	No	Yes	Yes	No	No	No
Built-in object recognition	Yes	No	No	Yes	No	No	No
Built-in navigation	Yes	No	No	Yes	No	No	No
Task/skill learning	No	No	No	Yes	No	No	No
Simulation environment	No	Yes	No	No	Yes (Webots)	Yes	Yes
Range of supported hardware	Small	Large	Medium	Medium	Large	Large	Medium
Reusable service building blocks	Yes	Yes	Yes	Not applcbl	Yes	No	No
Real-time	No	No	Yes	No	No	No	No

Evolution Robotics's ERSP

- ERSP Architecture
  - TEL: Task Execution Layer
  - BEL: Behavior Execution Layer
  - HAL: Hardware Abstraction Layer
- 4개의 모듈이 하나의 패키지로 구성된 라이브러리
  - Architecture, Vision, Navigation, Interaction

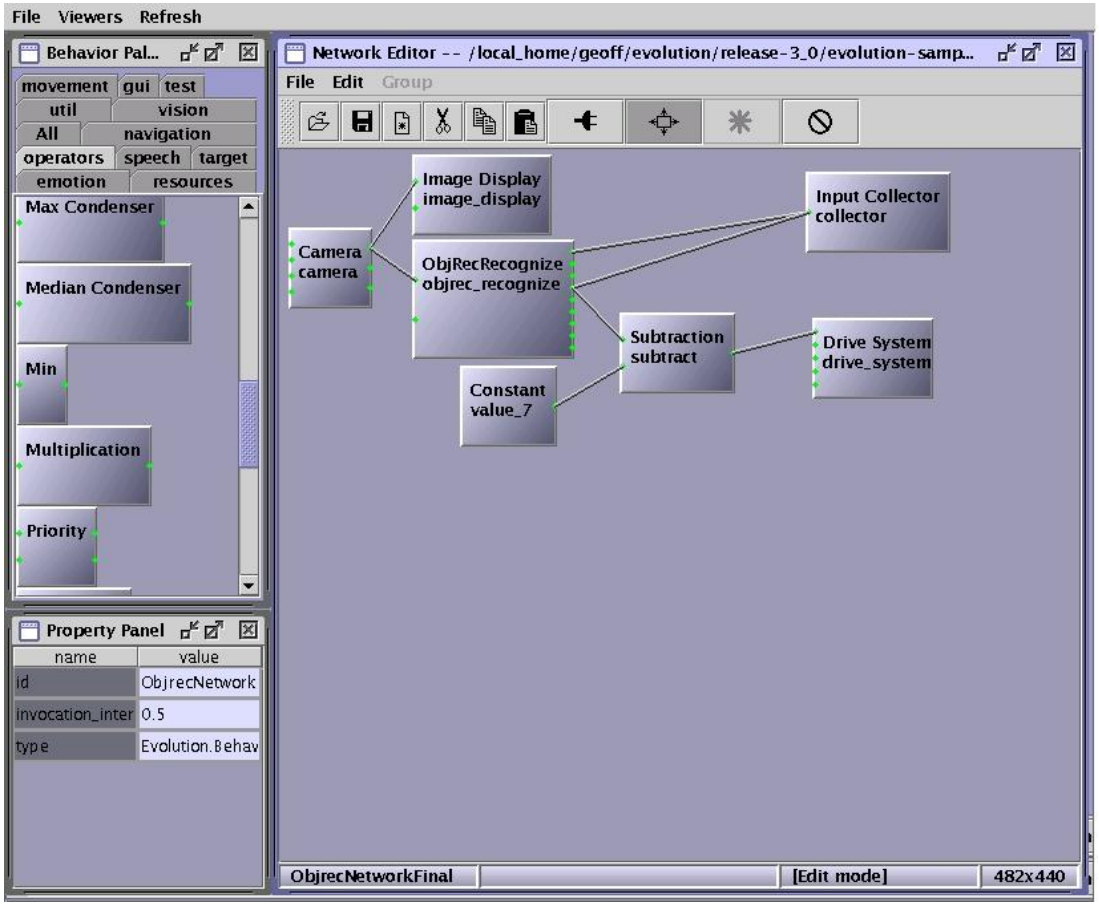


Evolution Robotics's ERSP



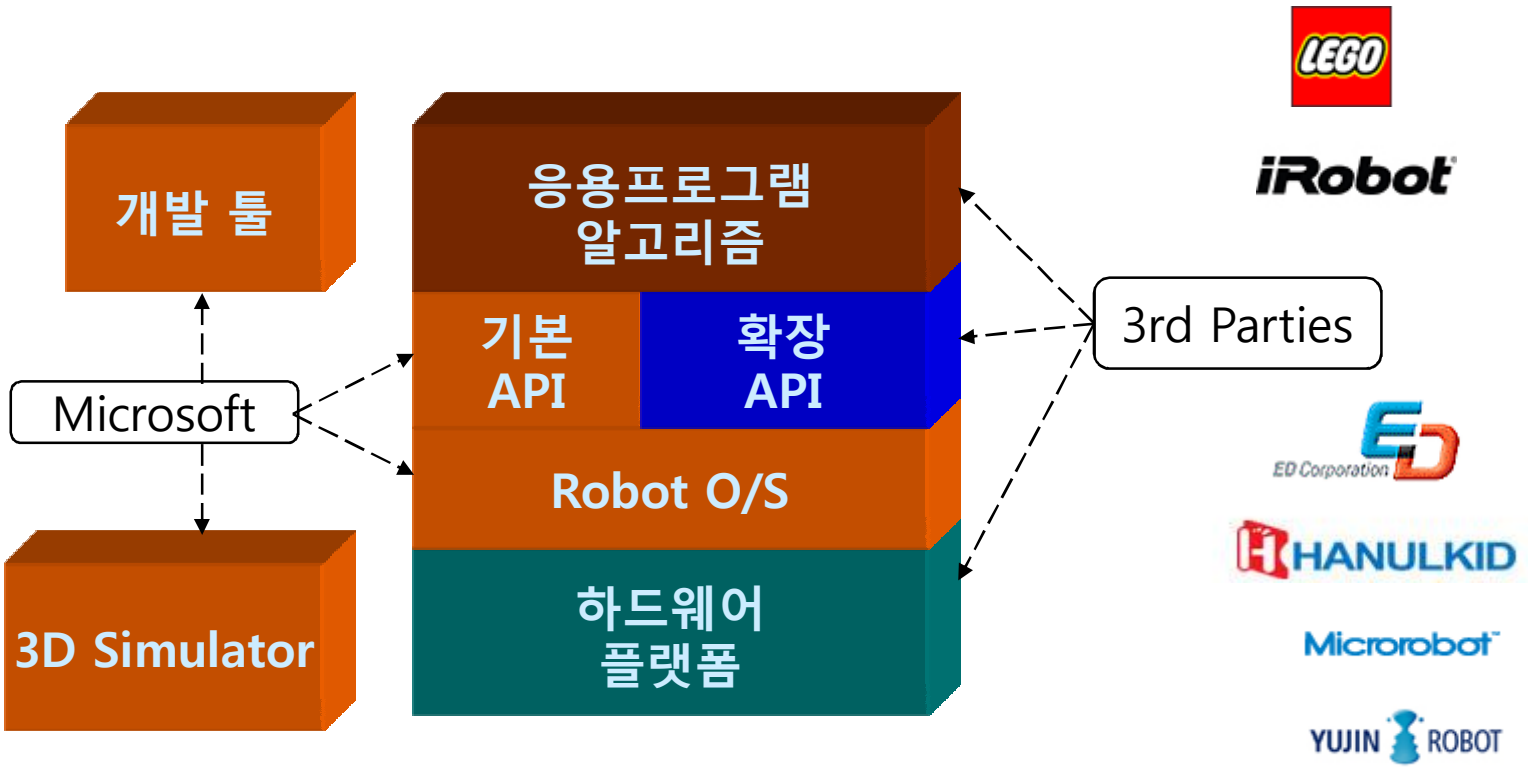
Evolution Robotics's ERSP

- Behavior Composer of Evolution Robotics



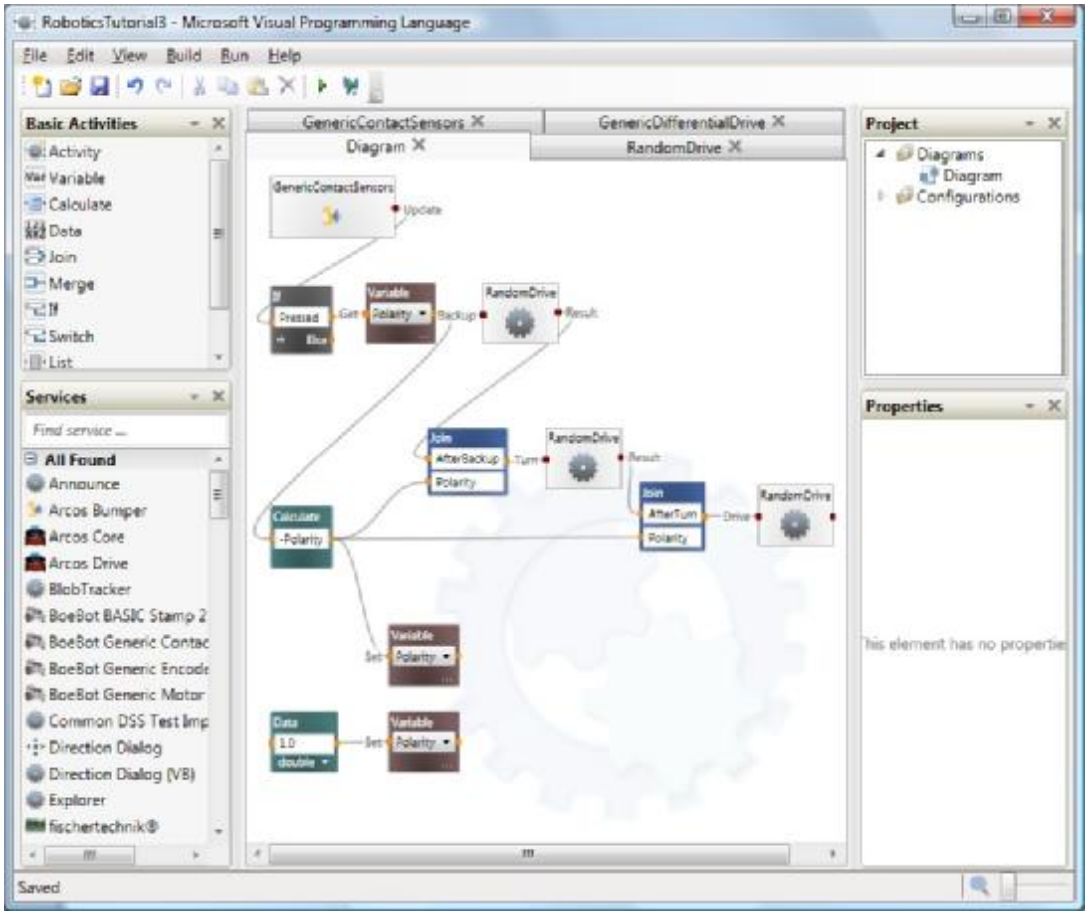
Microsoft Robotics Studio

- Microsoft는 Robot O/S와 개발 툴을 제공하고 3rd Parties이 Applications, Algorithms을 제공



Microsoft Robotics Studio

- Visual Programming Language

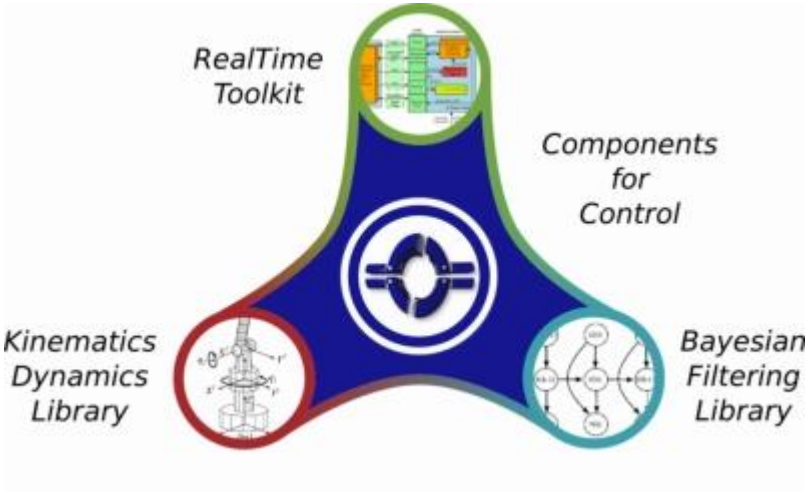


Microsoft Robotics Studio

- Microsoft Simulation environment

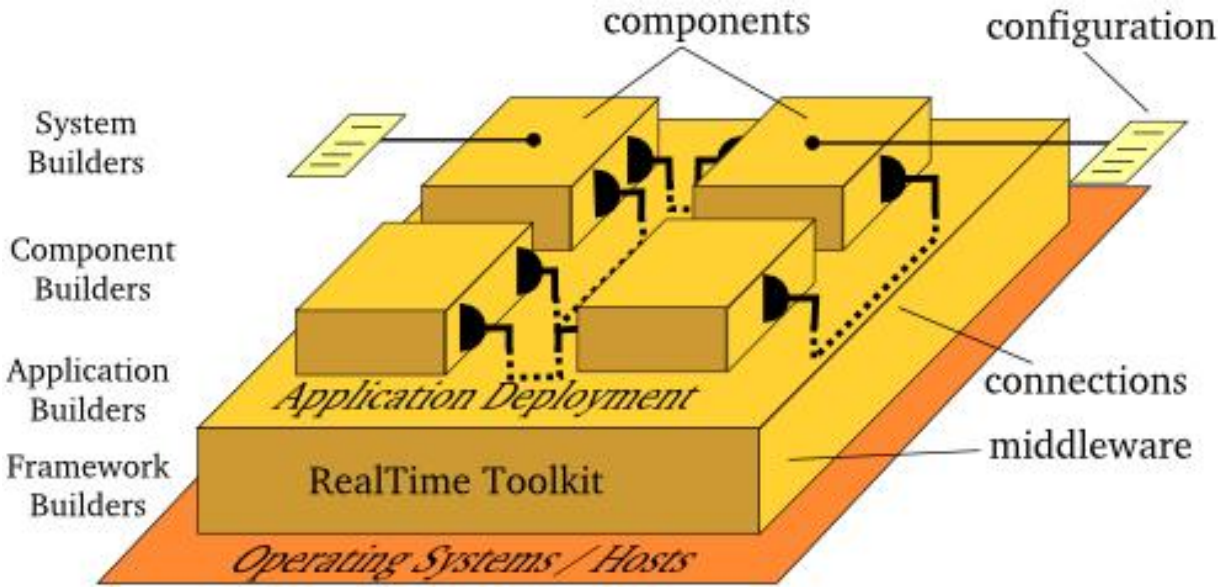
EU's OROCOS

- OROCOS: Open RObot COntrol Software
- Free software project
- Orocos project supports 4 C++ libraries:
  - the Real-Time Toolkit,
  - the Kinematics and Dynamics Library,
  - the Bayesian Filtering Library and
  - the Orocos Component Library



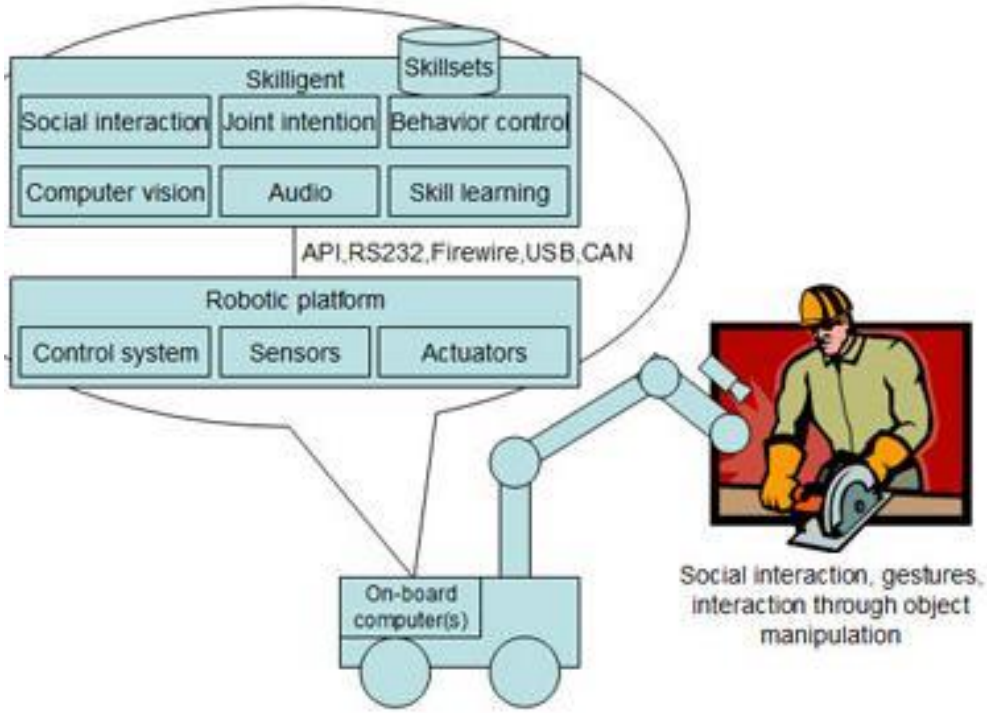
EU's OROCOS

- Orocos targets four different categories of **Users**
  - Framework Builders
  - Component Builders
  - Application Builders
  - End Users



Skilligent

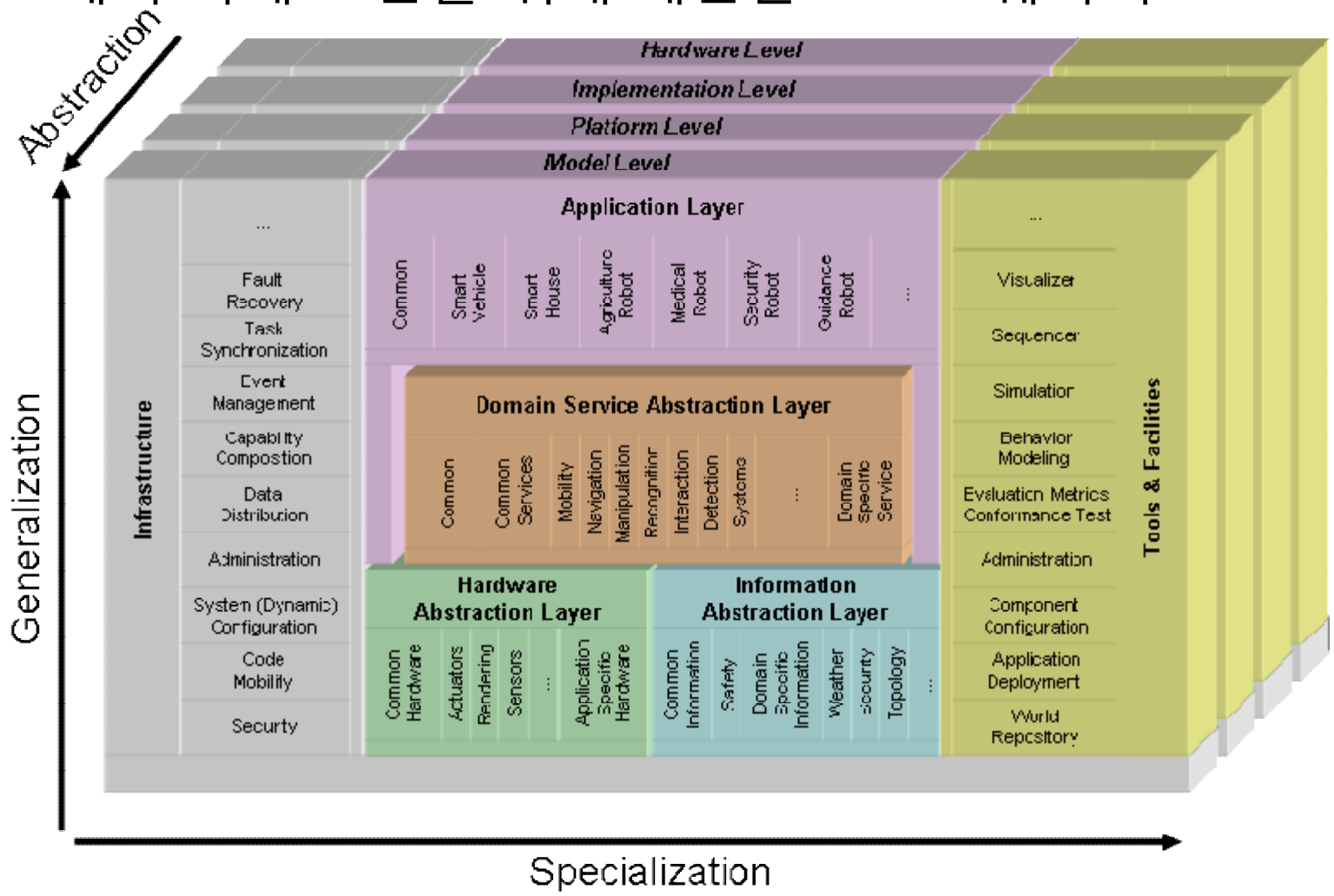
- Skilligent is a robot behavior control system with robot learning and social interaction capabilities fot the service robots



Skilligent

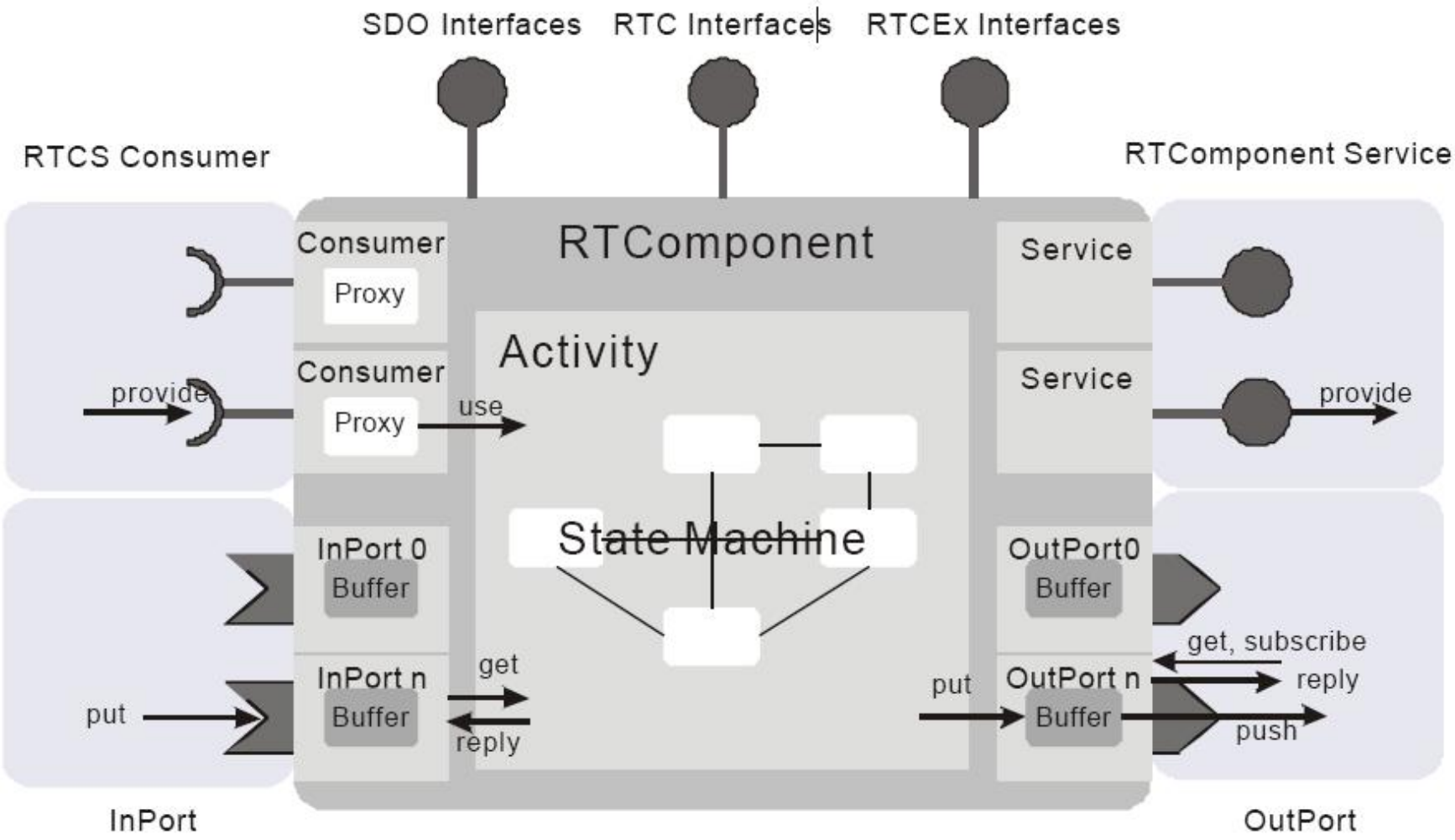
OMG

- OMG에서 국제 표준을 위해 제안한 소프트웨어 구조



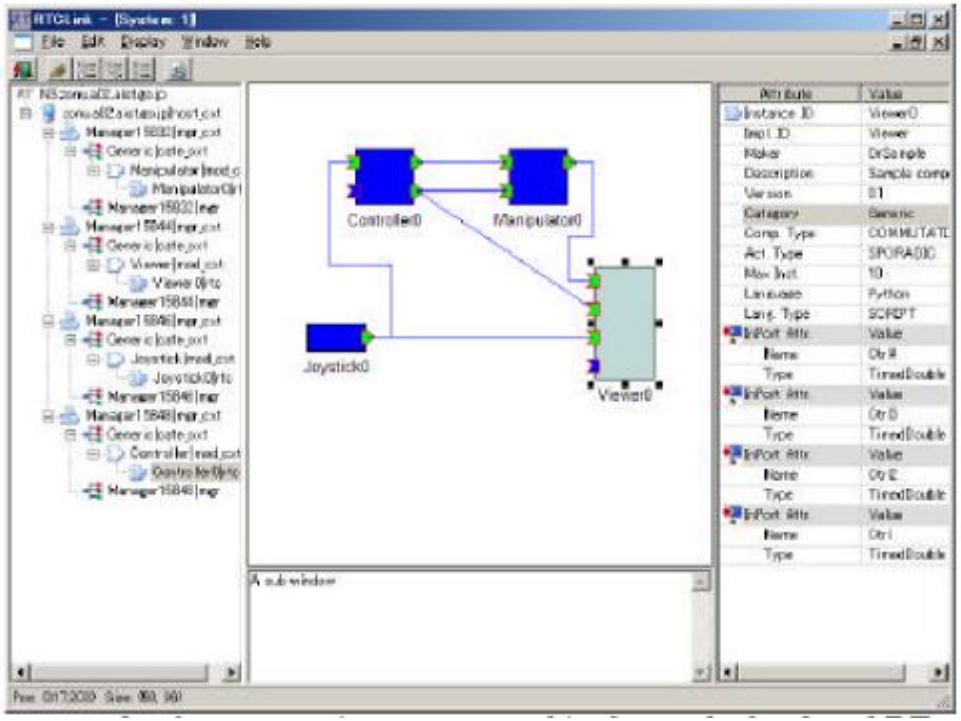
OMG

- COMPONENT 구조



OMG

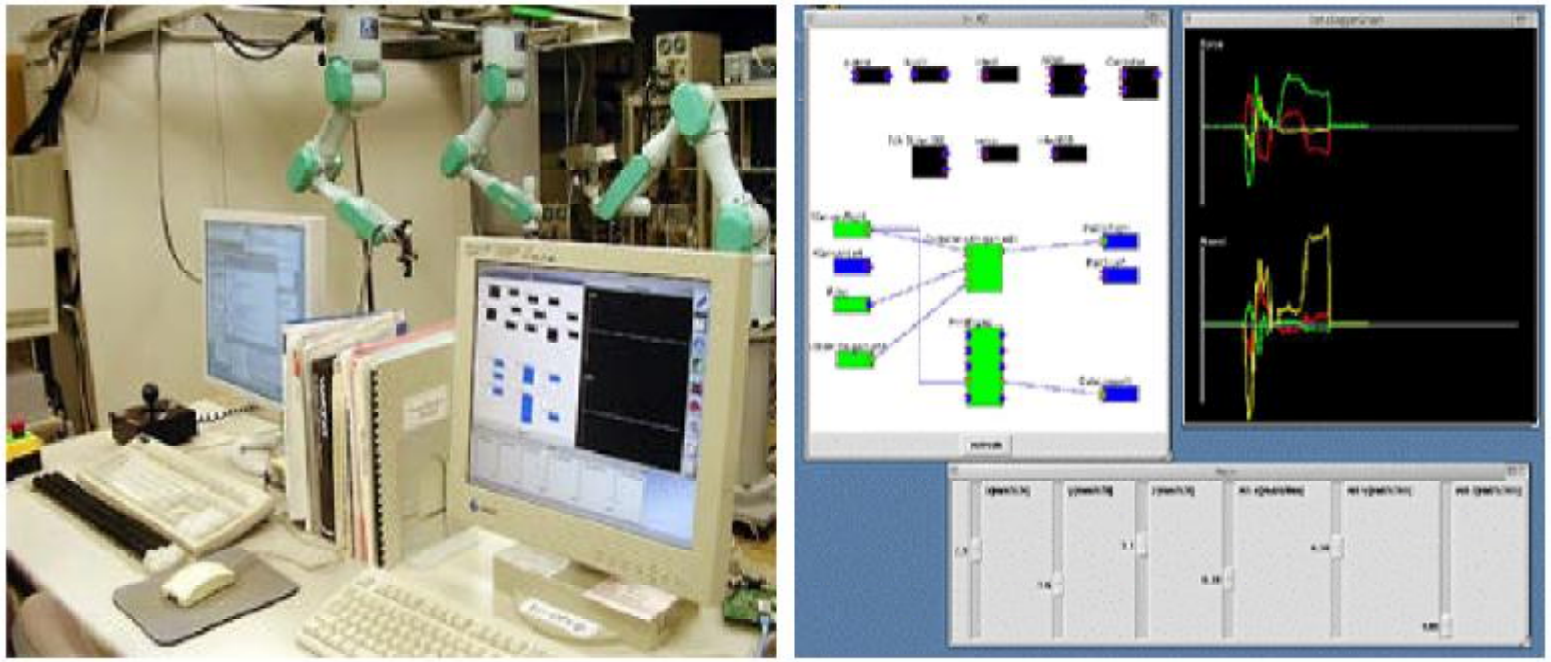
- 개발도구 예



AIST:
RT Middleware Developed for Realizing Open Robot Architecture

OMG

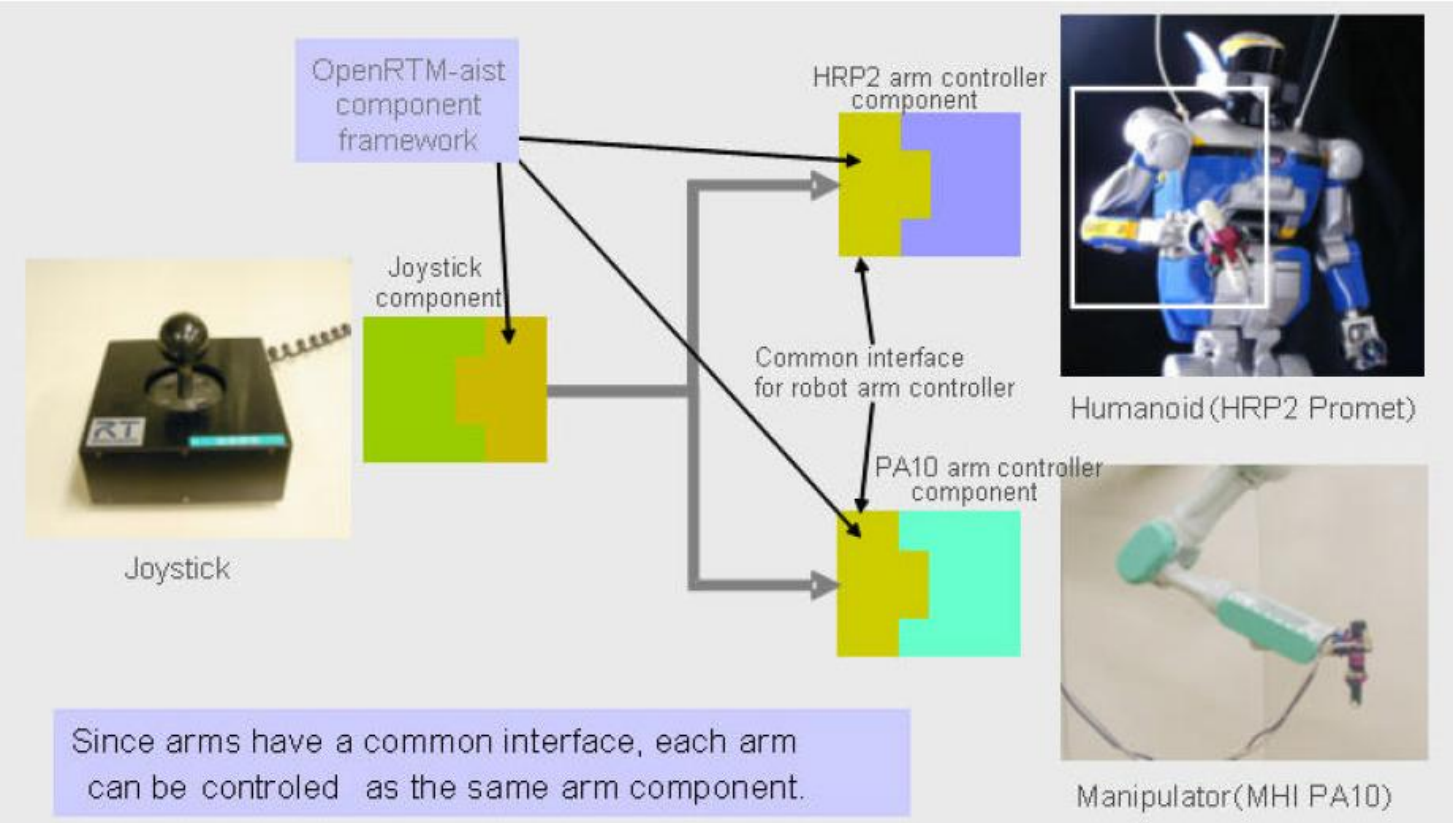
- 적용 예



An arm control system manipulated with a joystick, and a program developed by using the RT middleware

OMG

- 적용 예

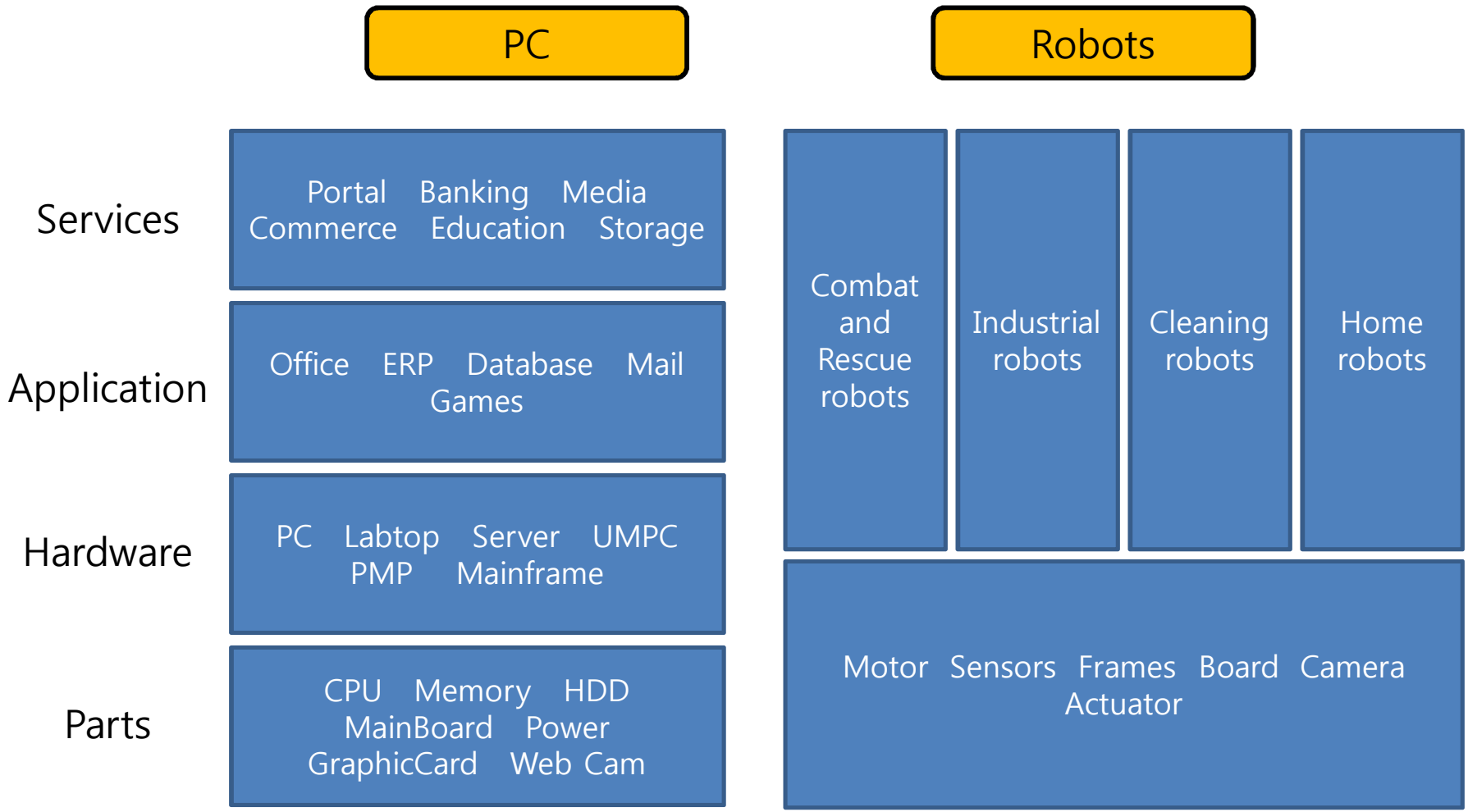


By use of modules sharing a common interface, the control of industrial robot is readily interchangeable with that of humanoid arm

연구배경

- 일본에서는 대기업 주도하에 대규모 예산을 투입하여 로봇기술을 개발 중이고, 이미 로봇 시제품과과 양산 제품을 생산함
- 미국에서는 대학과 연구소 중심으로 로봇의 기초 연구가 매우 활발히 이루어지고 있으며, 세계적으로 우수한 첨단 기술을 보유하고 있음
- 국내에서는 많은 중소기업들이 가정용/오락용 로봇을 개발하여 시장에 제품을 출시하고 있으나, 로봇 분야에 대한 생산기반 및 체계적인 연구부족으로 연구기반이 취약한 실정임
- 폐쇄적·배타적 기술개발 및 투자를 벗어나 상호 유기적인 연구개발 체계를 통해 기술개발의 전문화와 개발된 기술의 공유
- 이를 위해 하드웨어와 소프트웨어를 모두 포함하는 **모듈화 및 표준화**, 안전성평가를 포함한 로봇의 **시험 및 평가기술, 표준형 플랫폼과 시험환경을 포함한 Test-bed**, 로봇의 설계, 시뮬레이션, 상품화 등의 전 과정을 지원하는 소프트웨어 지원 도구인 **로봇 통합 개발도구**를 개발함

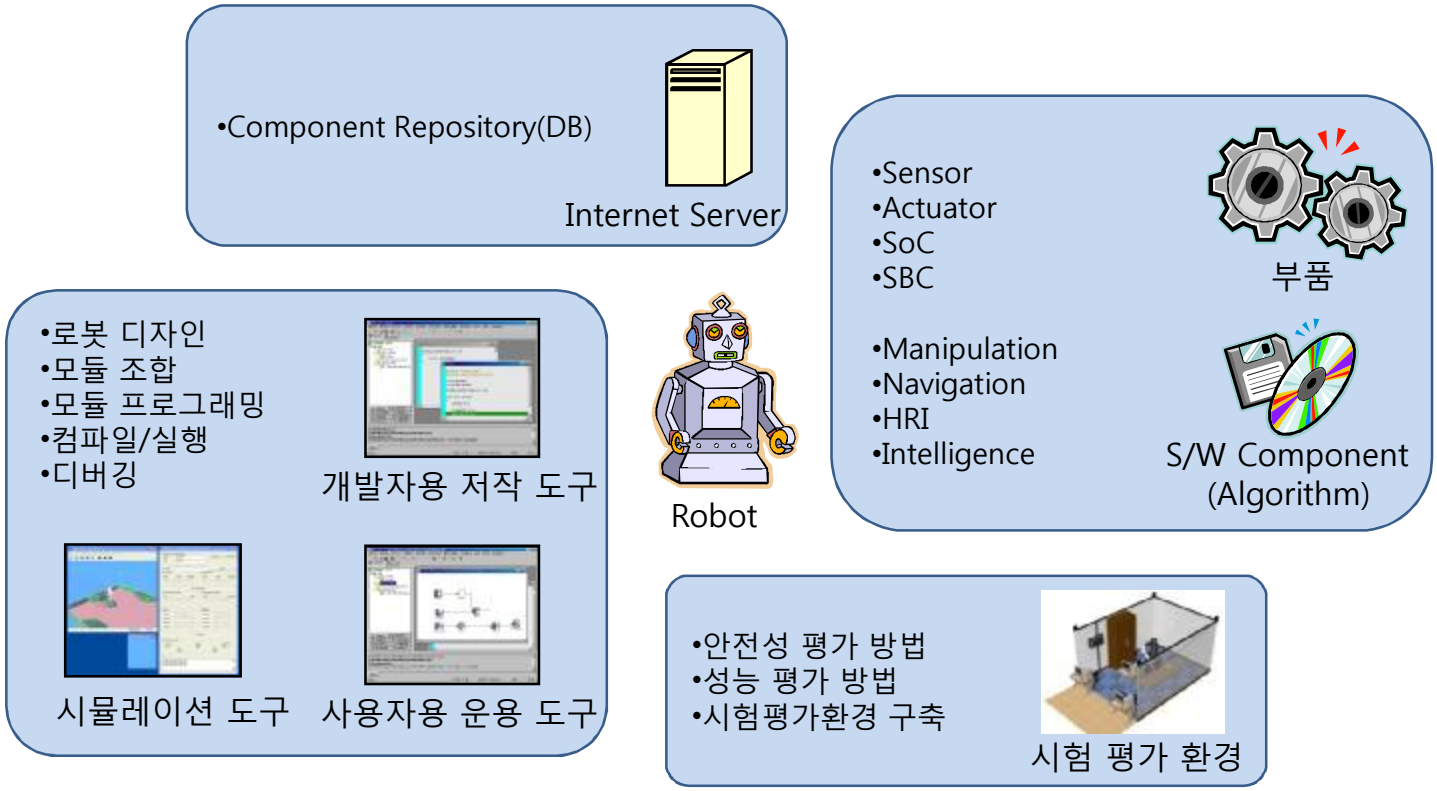
로봇과 PC의 차이점


PC
Robots
Services
Application
Hardware
Parts
Portal Banking Media
Commerce Education Storage
Office ERP Database Mail
Games
PC Labtop Server UMPC
PMP Mainframe
CPU Memory HDD
MainBoard Power
GraphicCard Web Cam
Combat and Rescue robots
Industrial robots
Cleaning robots
Home robots
Motor Sensors Frames Board Camera
Actuator

로봇이 PC와 구분되는 특징

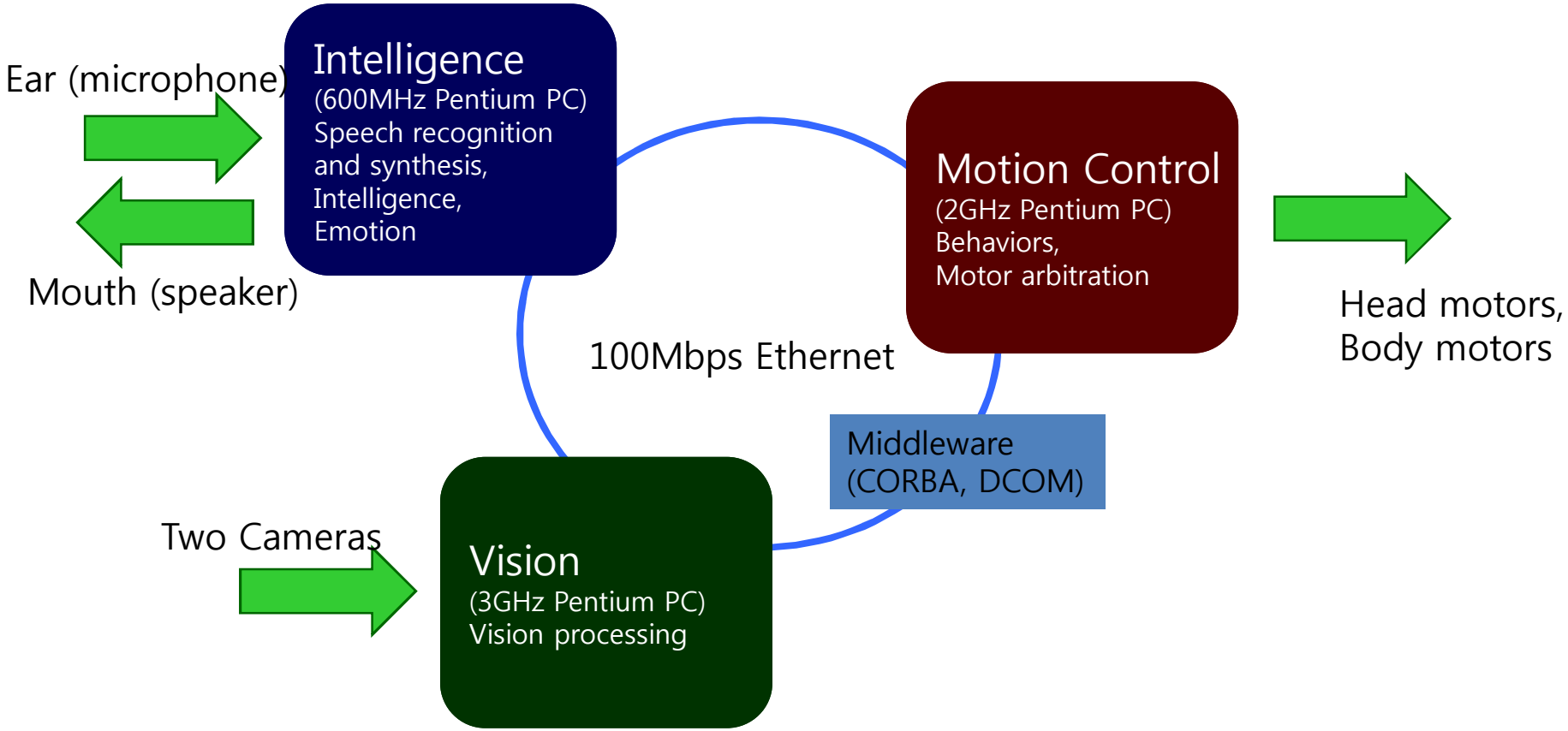
구분	PC	로봇
하드웨어	컴퓨터 본체. 컴퓨터 전용 부품들이 사용되고 있음(저가, 수요가 많음)	머리, 팔, 다리(바퀴)를 가짐. 산업용 장비의 부품을 채용하여 로봇에 사용(고가, 고정밀, 수요가 적음)
입력장치	인간의 지시를 입력하기 위한 마우스, 키보드, 카메라, 마이크	사람과 같은 청각, 시각, 촉각 등. 카메라와 마이크 등의 장치는 PC와 동일하게 사용되나, 주로 인지(지능)를 위한 입력 장치로 사용됨
출력장치	모니터, 프린터, 스피커(소리)	얼굴 표정, 몸짓, 스피커(음성)
상호작용	사람의 손과 눈, 화려한 GUI 환경	사람, 주변환경, 로봇, 대부분 GUI를 필요로 하지 않음
시뮬레이션	주로 게임에 사용되는 3D시뮬레이션	Physics가 고려된 3D시뮬레이션, 센서 시뮬레이션
인터넷	정보 검색, 가공	(동일)
지능	필요 없음	있어야 함
안전	-	필수적으로 고려되어야 함
실시간	이벤트	이벤트, 실시간 모두 고려
역할	사무용 도구, 게임 도구, 정보 저장	심부름, 청소 등의 활동적 서비스

기술의 구성



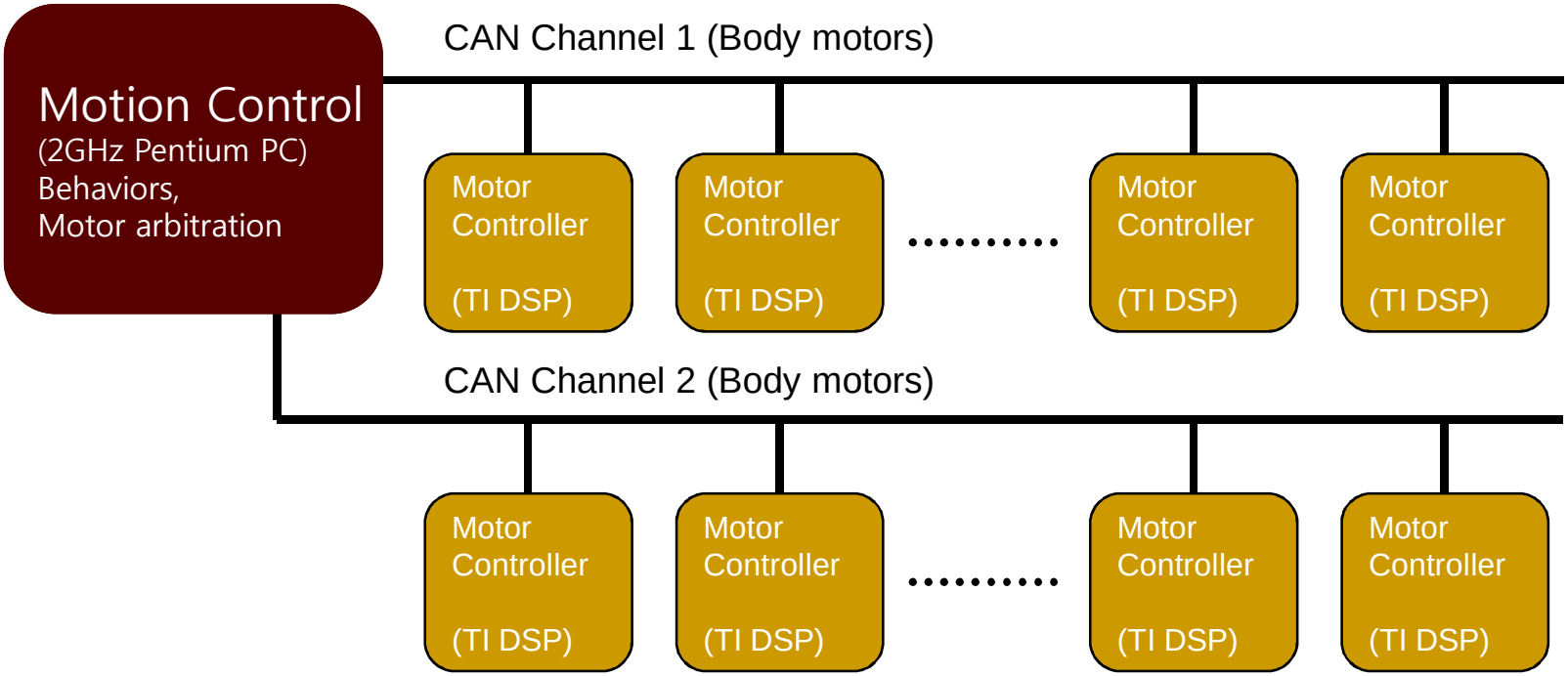
- 로봇을 개발하기 위한 환경과 도구
  - 시뮬레이션 도구, 개발자용 저작 도구, 사용자용 운용 도구를 개발함
  - 안전성, 성능 평가방법을 개발하고 청소로봇을 대상으로 평가 수행

여러 모듈로 구성되는 로봇



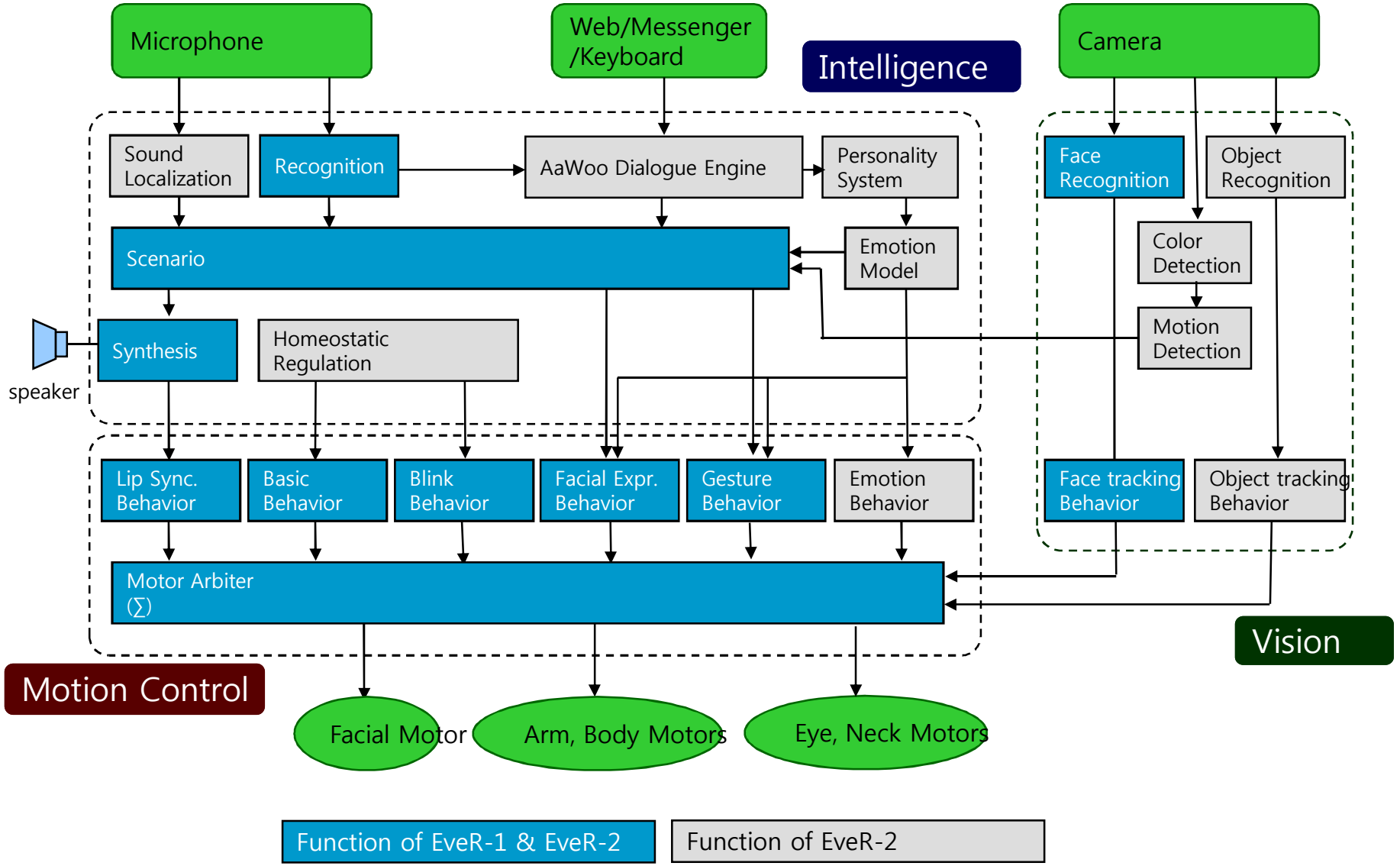
- 여러 모듈로 구성되는 로봇
  - 분산환경을 고려한 통신 미들웨어를 개발함
  - 전기적 기계적 모듈 접속기준을 표준화 함, S/W Component 표준화 함

여러 장치를 가지는 모듈



- 여러 장치를 가지는 모듈
  - CPU/Bus/Device를 관리하기 위한 Software Framework을 개발함

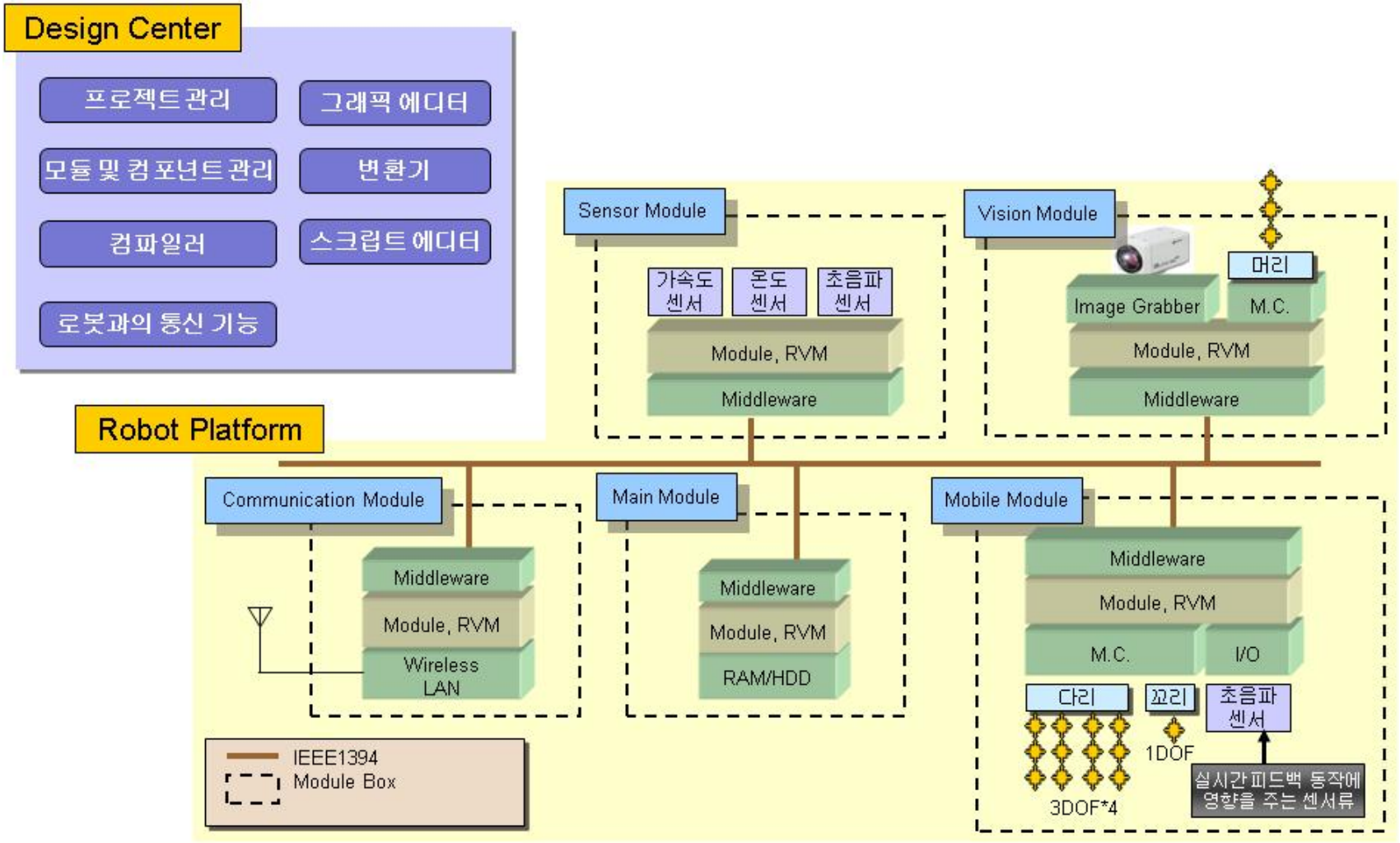
로봇 소프트웨어 예


Microphone
Web/Messenger /Keyboard
Intelligence
Camera
Sound Localization
Recognition
AaWoo Dialogue Engine
Personality System
Face Recognition
Object Recognition
Scenario
Emotion Model
Color Detection
Motion Detection
speaker
Synthesis
Homeostatic Regulation
Lip Sync. Behavior
Basic Behavior
Blink Behavior
Facial Expr. Behavior
Gesture Behavior
Emotion Behavior
Face tracking Behavior
Object tracking Behavior
Motor Arbiter (∑)
Vision
Motion Control
Facial Motor
Arm, Body Motors
Eye, Neck Motors
Function of EveR-1 & EveR-2
Function of EveR-2

1단계 과제 결과 요약

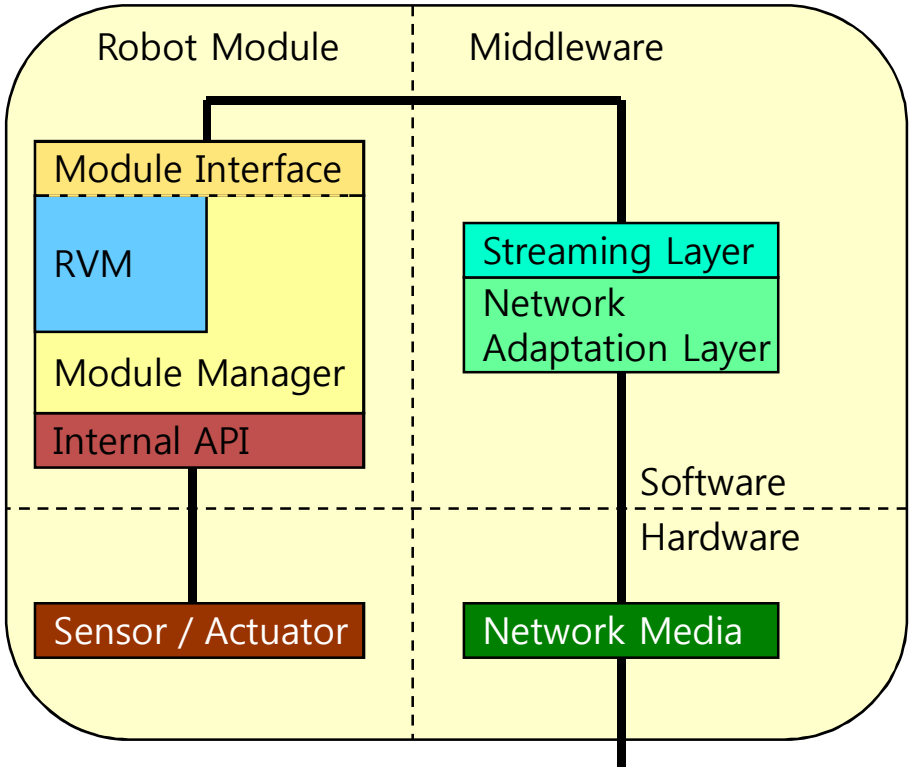
- 로봇 소프트웨어 개발 도구
- 분산 미들웨어
- 로봇 가상머신
- 성능평가 시스템

소프트웨어 플랫폼 구성


Design Center
프로젝트관리
그래픽 에디터
모듈 및 컴포넌트 관리
변환기
컴파일러
스크립트 에디터
로봇과의 통신 기능
Robot Platform
Sensor Module
가속도 센서
온도 센서
초음파 센서
Module, RVM
Middleware
Vision Module
Image Grabber
머리
M.C.
Module, RVM
Middleware
Communication Module
Middleware
Module, RVM
Wireless LAN
Main Module
Middleware
Module, RVM
RAM/HDD
Mobile Module
Middleware
Module, RVM
M.C.
I/O
다리
꼬리
초음파 센서
1DOF
3DOF*4
실시간피드백 동작에 영향을 주는 센서류
IEEE1394
Module Box

로봇 소프트웨어 구조 v1

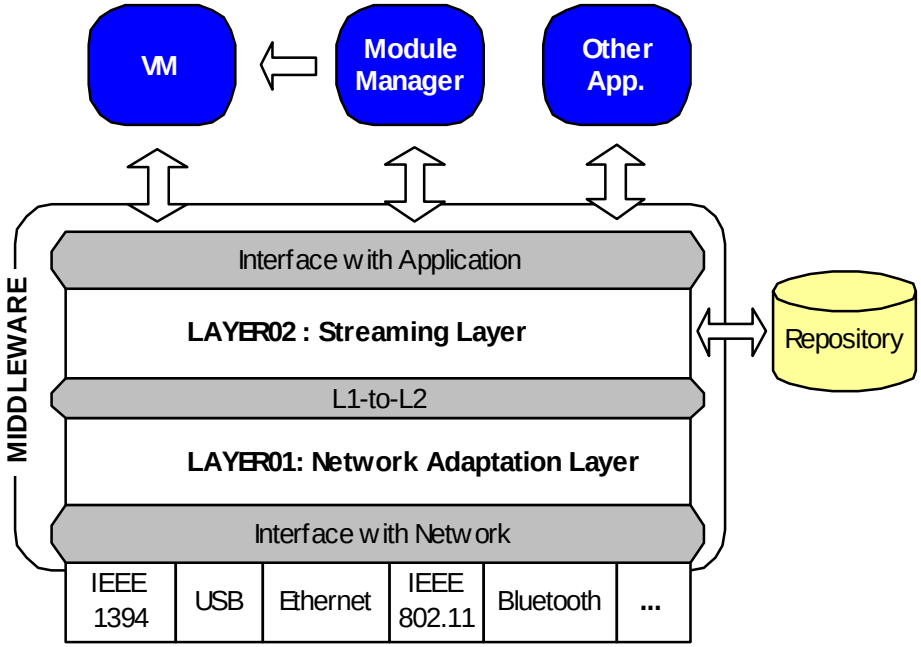
- 특징
  - 분산환경
  - 플랫폼 독립: 가상머신
  - C,C++, Java, Python, VB
  - TCP/IP, IEEE1394, USB, CAN
- 로봇모듈
  - Robot Virtual Machine (RVM)
  - Module Interface
  - Internal API
- Middleware
  - Streaming Layer
  - Network Adaptation Layer



개방형 통신 미들웨어

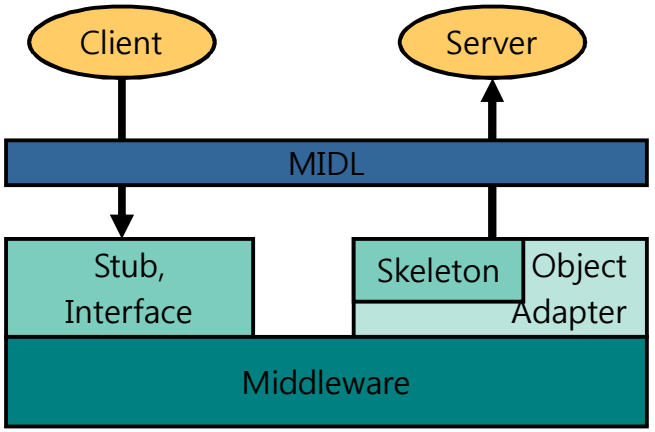
- LAYER02 : Streaming Layer
  - 모듈에서 주고받는 메시지 데이터를 stream으로 변환
  - Stream을 메시지 데이터로 변환
- LAYER01 : Network Adaptation Layer
  - 다양한 네트웍 미디어 및 프로토콜 지원

- 특징:
  - 모듈과 모듈간 통신에 사용
  - 객체 전송
  - 원격 함수 호출



MIDL 컴파일러

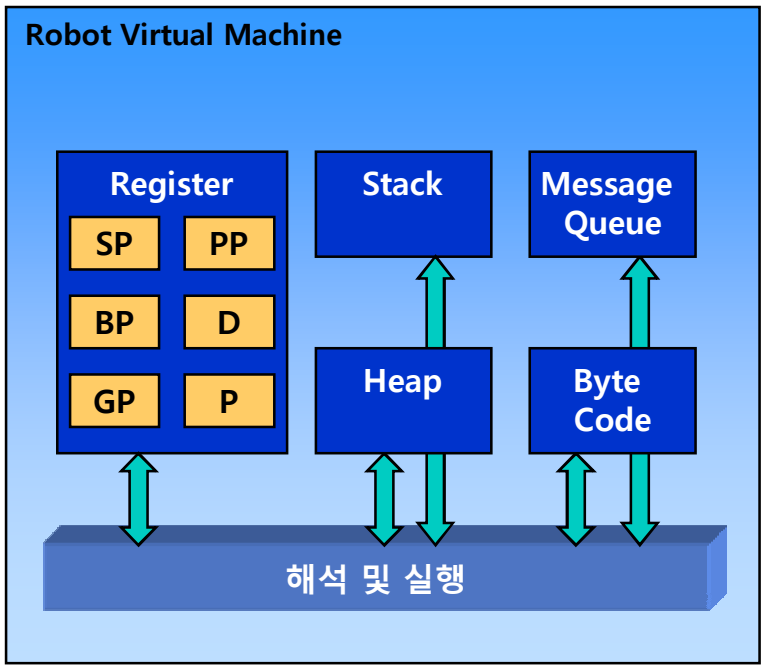
- MIDL(Interface Definition Language) 언어
  - 특정 언어 독립적인 모듈 인터페이스 정의
  - Corba IDL의 서브셋
- Stub/Skeleton 코드 생성
  - C/C++, Java, Visual Basic, Python*
- 특징:
  - 이기종 분산환경을 하나의 시스템으로 통합
  - 네트워크상에 분산된 객체를 손쉽게 호출
  - 다양한 개발 언어 사용



* 개발 완료되지 않음

RPL 컴파일러 및 가상머신

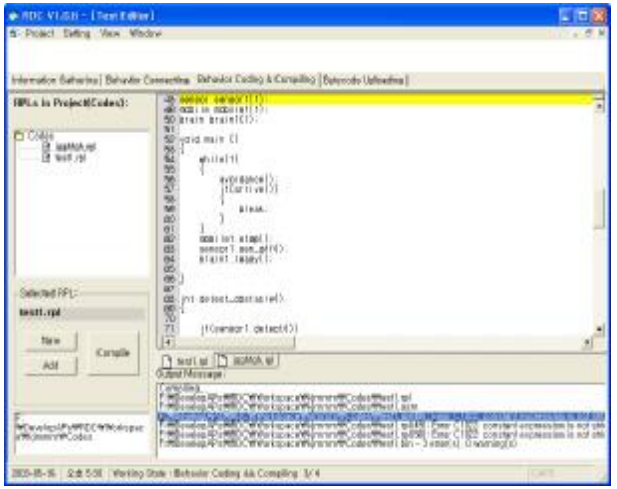
- RPL 언어
  - C언어 형식과 유사한 언어
- 컴파일러
  - RPL로 작성된 소스코드를 컴파일 하여 Byte Code 생성
- 가상 머신
  - Stack Oriented Operation

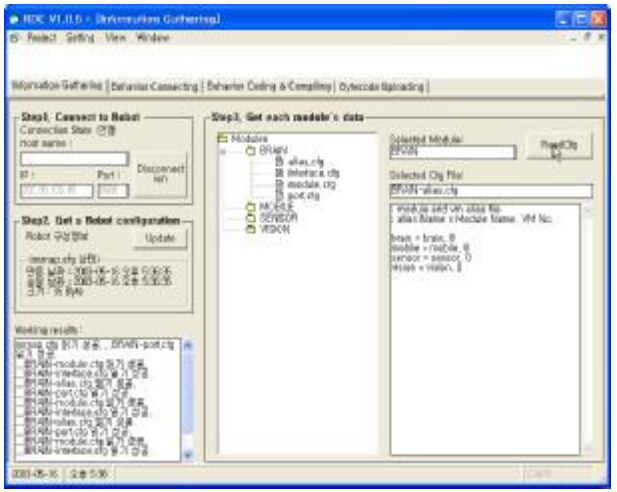


로봇 디자인센터 v1

- 특징:
  - 모듈 제어 프로그램 개발
  - 문법 에러 검사 및 예외 처리
  - 모듈 및 프로시져의 버전 관리

- 기능:
  - Text Editor
  - Library 관리
  - Debugging
  - Robot Module 관리

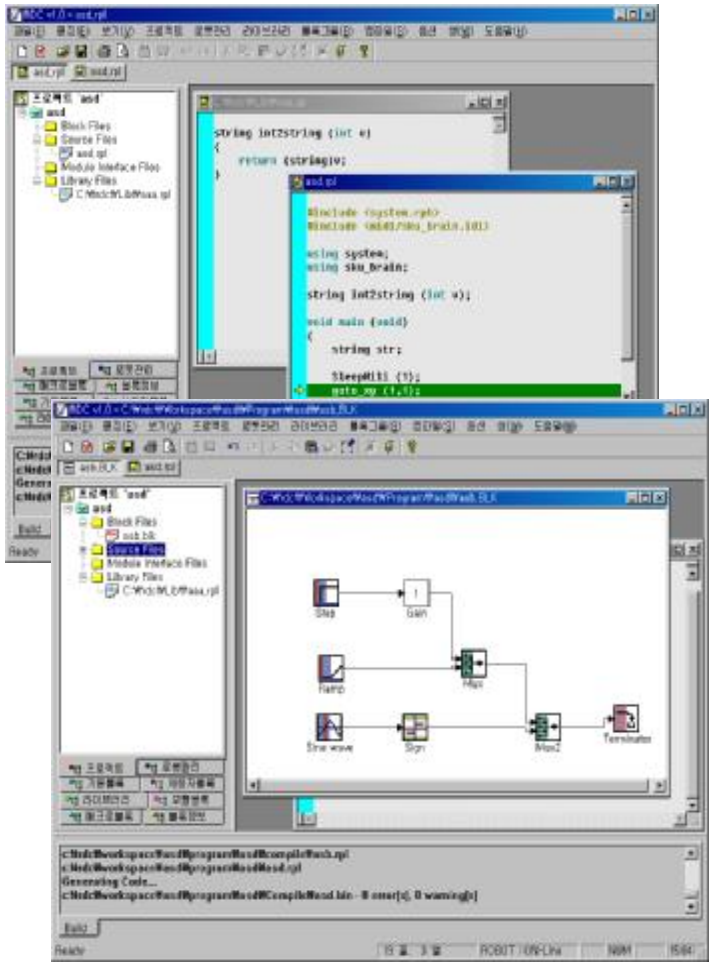




로봇 디자인센터 v2

- 특징
  - 모듈 개발자의 로봇제어 프로그램 개발
  - 소프트웨어 통합 환경 및 유지보수
  - 로봇 응용프로그램 개발
  - 사용자 지향적인 개발환경

- 기능
  - Text Editor
  - Graphic Editor: Block Diagram
  - Library 관리
  - Debugging
  - Robot Module 관리

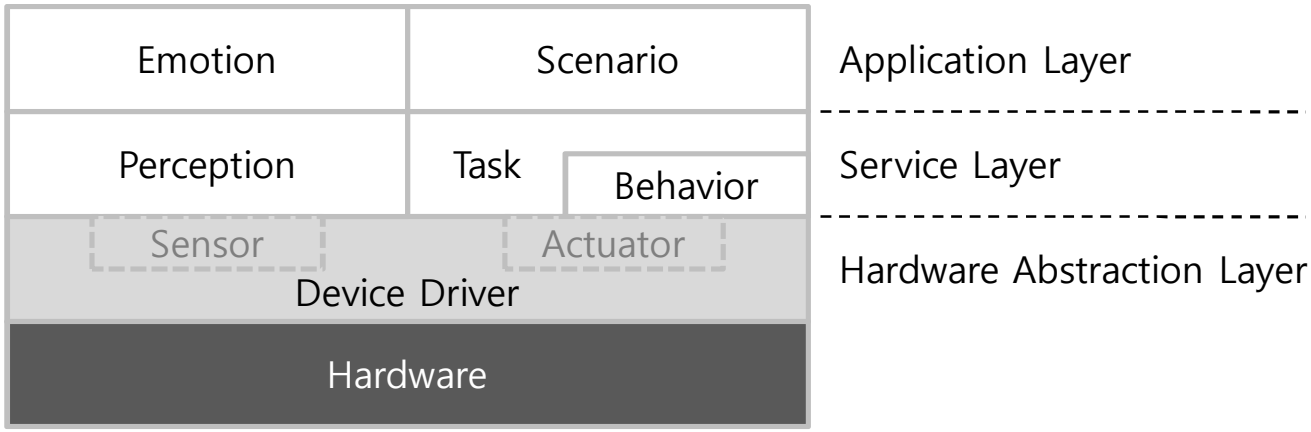


2단계 과제 결과 요약

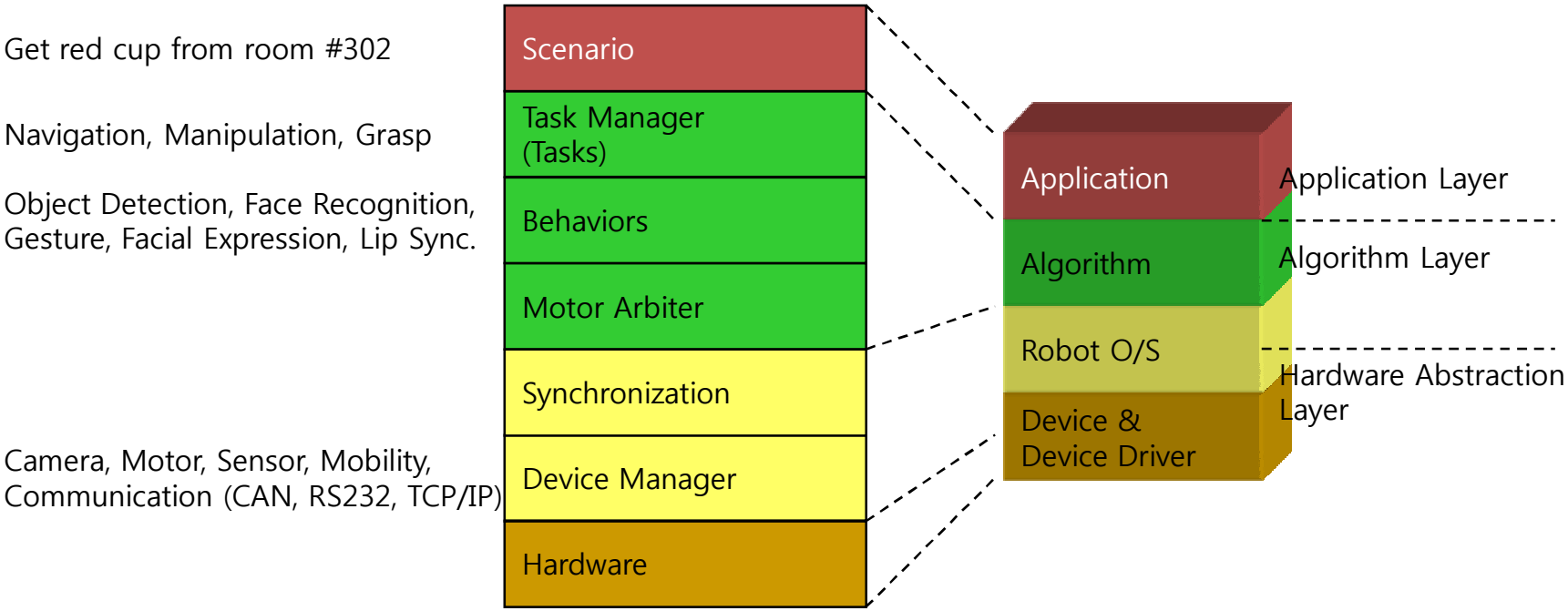
- 단일 플랫폼 기반 소프트웨어 구조
- 3D 동역학 시뮬레이터
- 알고리즘/컴포넌트

로봇 소프트웨어 구조 v2

- 특징:
  - 단일 플랫폼 로봇을 대상으로 함
  - 계층 구조
  - C++ 언어 기반, 추상화 개념, 상속
- HAL(Hardware Abstraction Layer)
  - Device Manager와 Device Driver
- Service Layer
  - Behavior Manager와 Task Manager

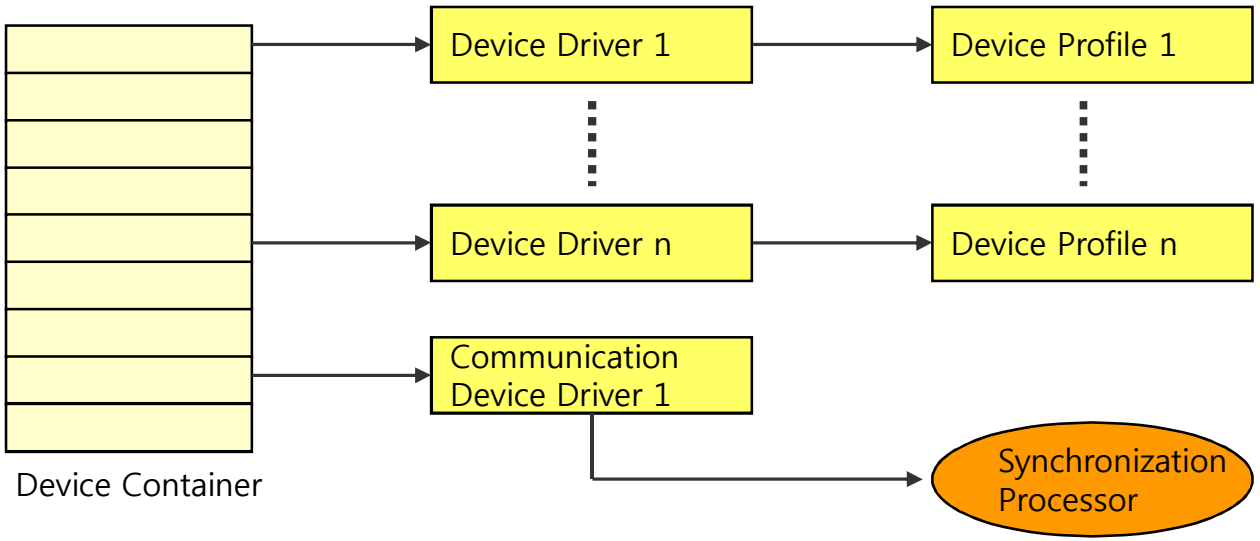


계층적 소프트웨어 구조



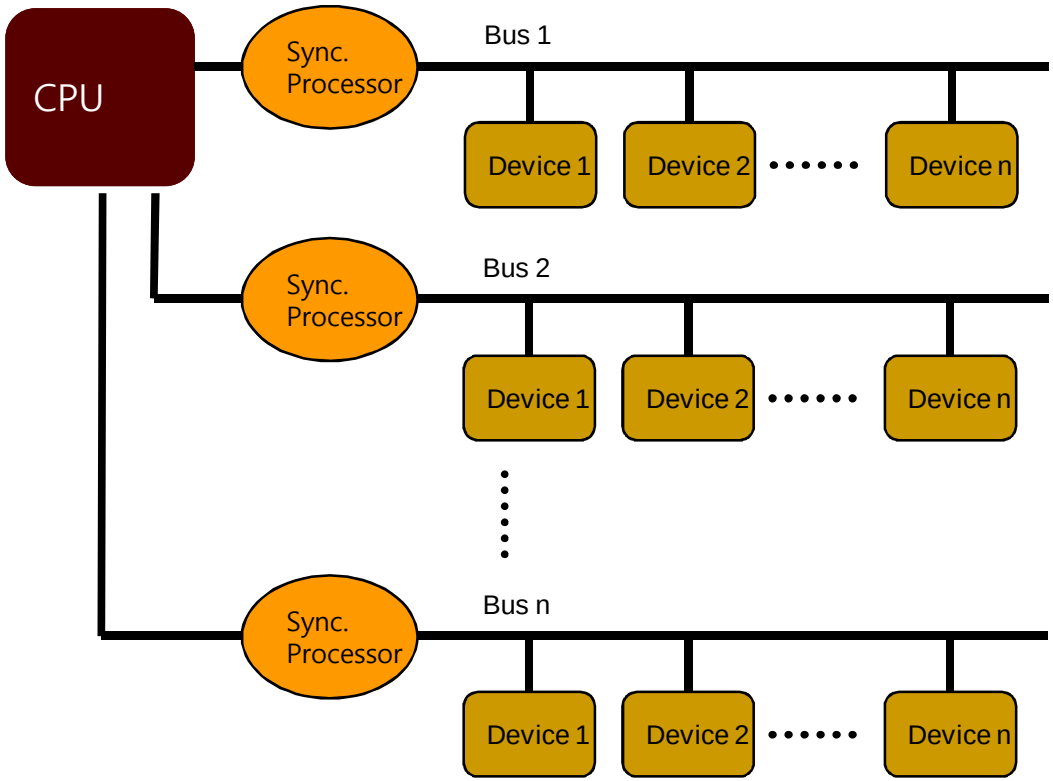
- 계층적 소프트웨어 구조
  - 소프트웨어 구조는 로봇 제어 관점에서의 구조와 소프트웨어 공학 관점에서의 구조로 구분할 수 있음
  - 로봇 제어 관점에서의 구조는 국내외에서 다양한 구조가 개발됨, 의견의 통일을 보기 어려운 상황
  - 본 과제는 소프트웨어 공학 관점에서의 구조로 접근을 시작함, 모듈화 분산화 표준화 관점에서 접근 시작

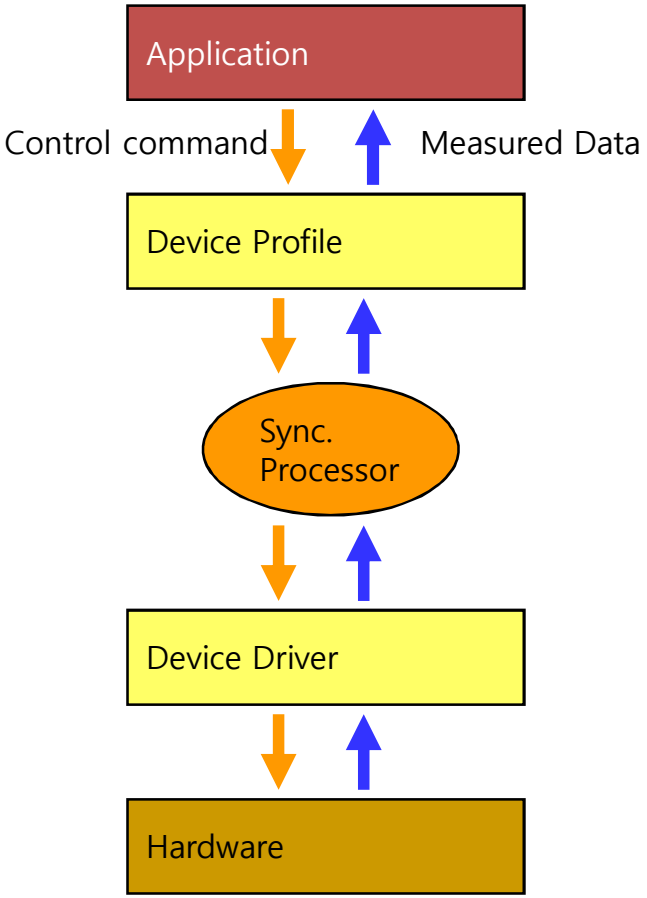
Device Manager



Device Type	Abstract Class	Profile
Communication	CCommBase	(없음)
Motor	CMotorBase	CMotorProfile
Sensor	CSensorBase	CSensorProfile
Camera	CCameraBase	CCameraProfile
Mobility	CMobilityBase	CMobilityProfile

Synchronization Processor





Device profile이 버퍼 역할을 함.

초소형 통신 프로토콜

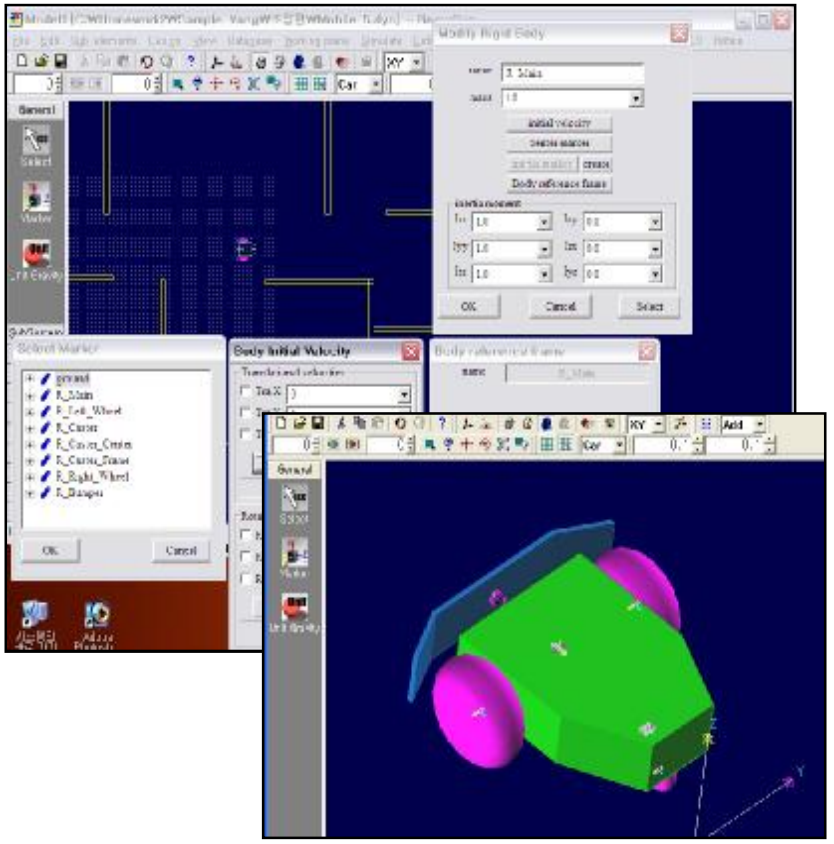
- 다양한 통신 프로토콜과 MPU를 지원하는 초소형 통신 미들웨어
- DSP, AVR, PIC 등의 MPU/MCU Board 지원
- Windows, Linux OS 지원
- CAN, RS-232, USB, TCP/IP 통신 미디어 지원

- 특징:
  - 각 플랫폼에 따라 C언어 library로 구현됨
  - 중앙제어기와 장치간 통신
  - 단순한 프로토콜
  - 고속 통신

3차원 동역학 시뮬레이션

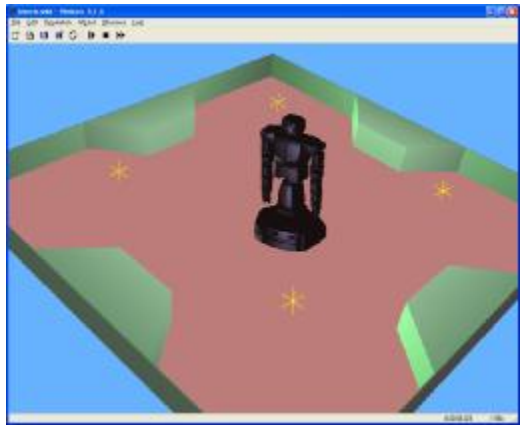
- RecurDyn을 기반으로 에디터 구현

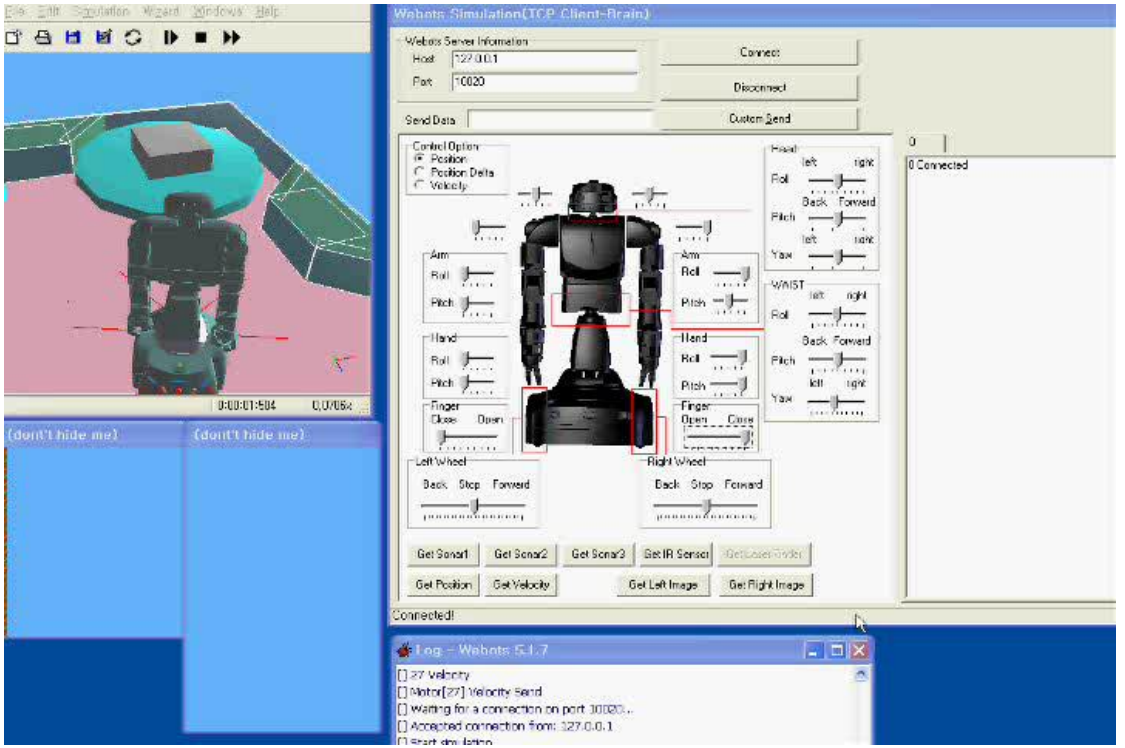
- 2차원, 3차원 모델링 환경 제공
- 로봇에 사용되는 센서 모델링 및 시뮬레이션



Webots 플러그인 시뮬레이션

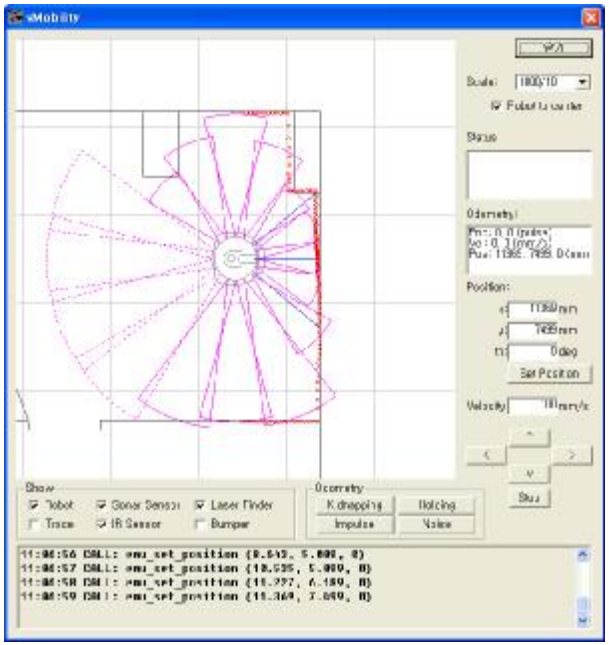
- Webots 로봇 시뮬레이터 플러그인 개발
  - 3차원 모델링
  - 센서, 액츄에이터 모듈
  - 동역학 모듈





모바일 로봇 시뮬레이션

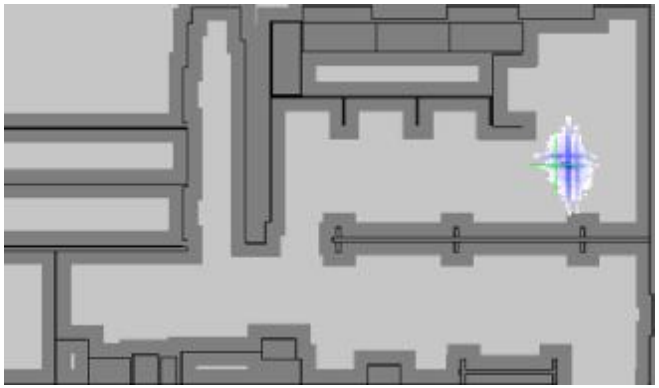
- 로봇 센서/액츄에이터 시뮬레이터 개발
  - 2차원 모델링
  - 센서(IR, Sonar, Laser finder) 시뮬레이션
  - 모터(Servo Motor) 시뮬레이션



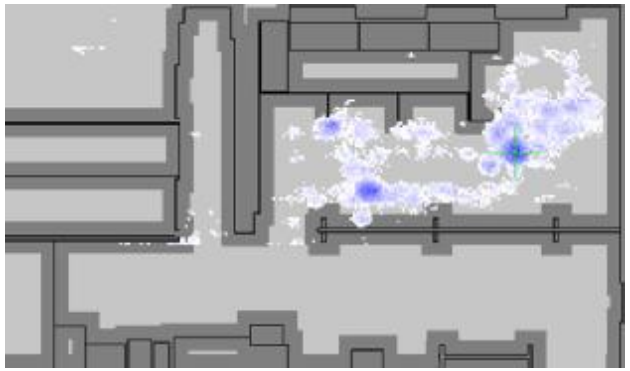
Markov 위치인식

- Hokuyo, Leuze Laser finder 사용
- 40m x 30m 지도, 10cm x 10cm 셀의 크기

- 특징:
  - 계산 량이 많아 속도가 느림, 초기위치 설정이 필요없음



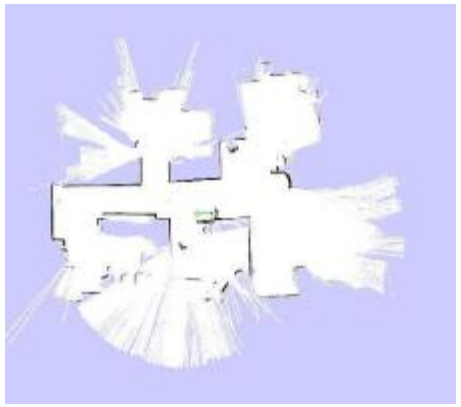
<Laser finder를 이용한 Markov localization>

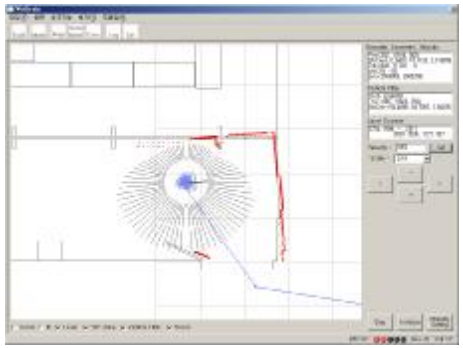


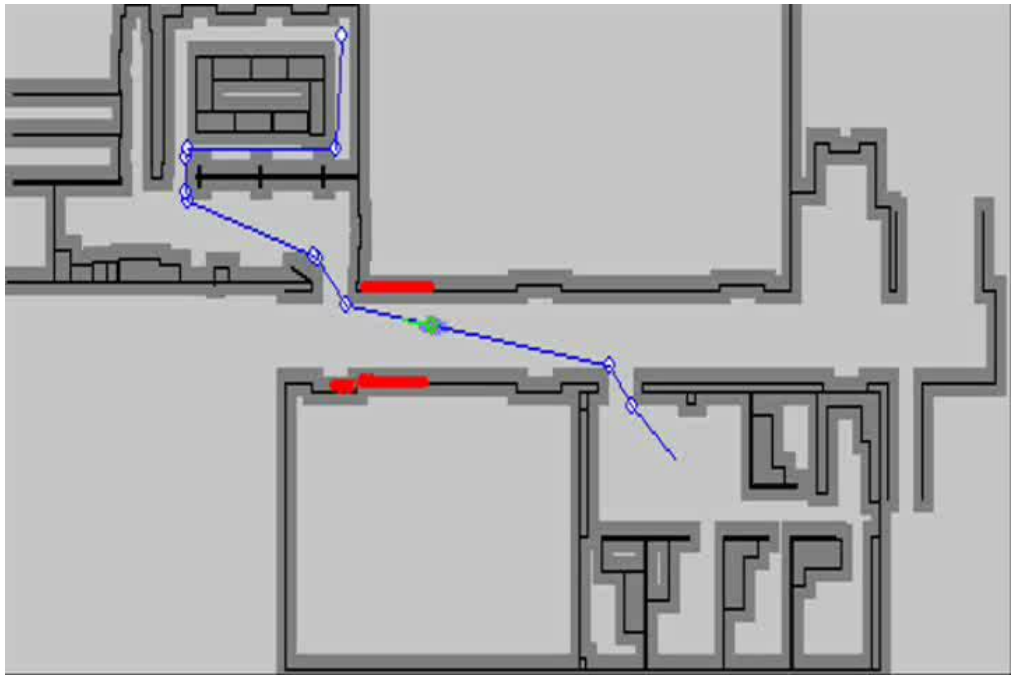
<Sonar sensor를 이용한 Markov localization>

Particle filter 위치인식

- Grid map에서 Particle filter 위치인식 및 VFH를 응용한 이동
- Laser finder를 사용한 SLAM
- 특징:
  - Particle filter는 계산 속도가 빠른 대신 초기 위치 설정이 필요함

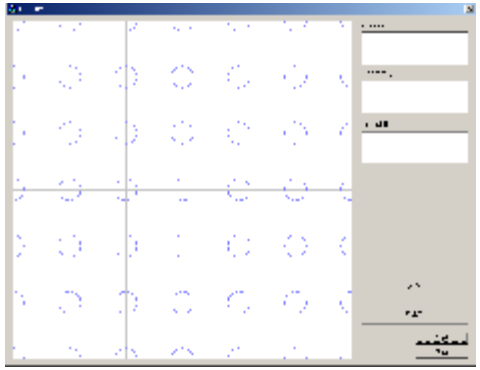


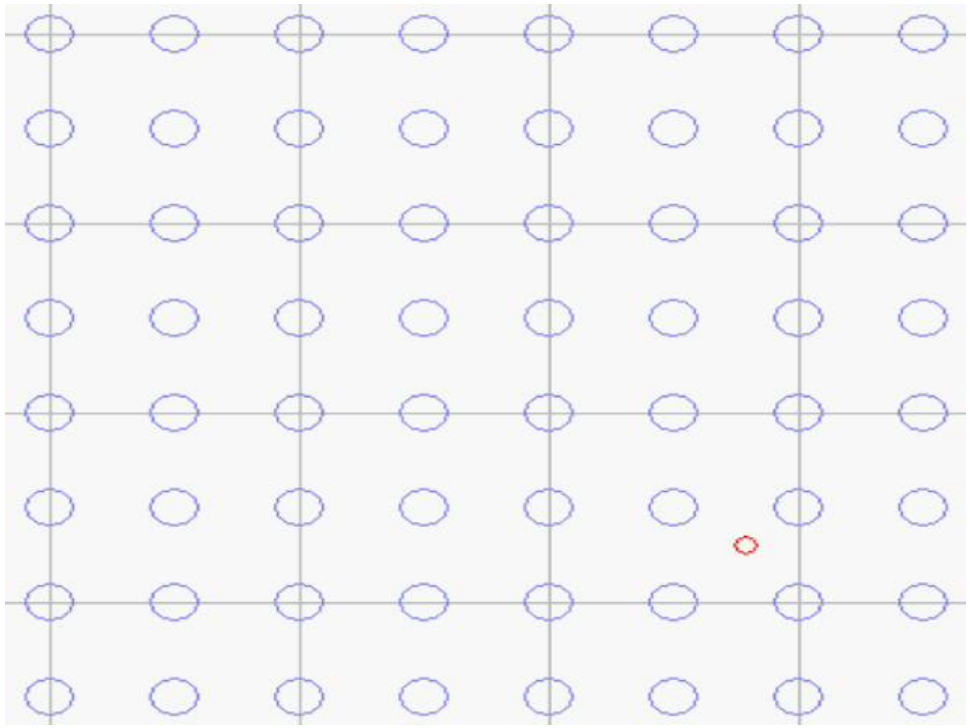




RFID 태그를 사용한 위치인식

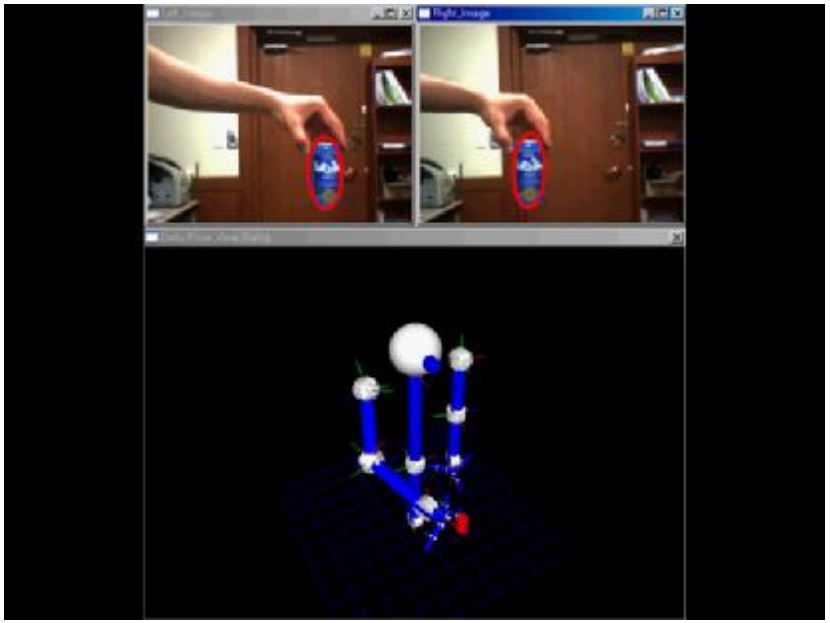
- 지면의 RFID 태그를 이용한 위치인식
  - 위치인식을 위해 RFID 센서와 Particle filter 사용
  - RFID tag로 topological map을 만듦

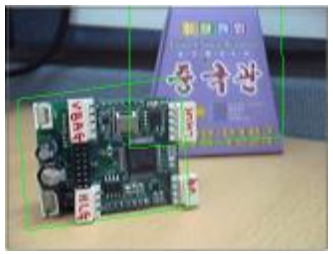


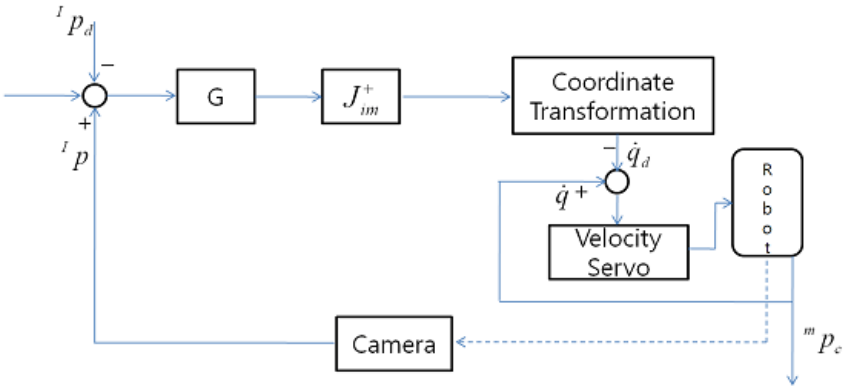


Visual Servoing

- 특징점 기반 Disparity를 이용한 견실한 3차원 위치정보 획득
- 센서기반 실시간 경로 작업 계획(협조제어)
- 양팔 작업의 분류 단계에 따른 부드러운 작업 생성







전신공조

- 전신공조 (Whole Body Coordination) 알고리즘 개발
  - 동력학 시뮬레이션을 이용한 통합시스템의 안정성 검증 기술
  - 매니퓰레이터의 움직임을 보상하는 전신공조 알고리즘 기술
  - 동적 환경에서의 안정성 확보를 위한 실시간 CoM, ZMP 보상 알고리즘 기술