

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.5.105>

IIBC 2016-5-16

CAD&CAM을 활용한 C기반 독립형 모션 제어기 설계

Design of a C-based Independent Motion Controller using CAD&CAM

김삼택*

Sam-Taek Kim*

요 약 현재, 국내 CNC 산업분야는 제조업의 패러다임 변화에 따라 공작기계에 첨단 기술의 적용이 활발하게 추진되고 있다. 즉, 공작기계의 제어를 담당하는 CNC의 IT화는 가장 중요한 부분을 차지하고 있다. 하지만 공작기계 분야에 모션제어 전문기술 부족의 가장 큰 이유는 PC기반의 컨트롤러의 경우 비중을 많이 차지하는 윈도우즈 언어를 사용하기 보다는 G-Code를 직접 좌표에 맞춰 코딩하거나 값비싼 외산 S/W를 통해 변환 하는 경우가 대부분이기 때문이다. 본 논문에서는 다양한 형태의 CAD 데이터를 손쉽게 G-Code 데이터로 변환할 수 있는 G-Code 변환 프로그램 및 CAD&CAM과 응용 소프트웨어를 개발하고 이 변환된 데이터를 바로 로봇을 통해 원하는 동작을 시킬 수 있는 전용 모션 컨트롤러를 구현한다.

Abstract Recently, as to changes in the paradigm of domestic manufacturing CNC industry, the application of advanced technologies in machine tools are actively being pursued. IT in responsible for controlling it is the most important part in the field of CNC. The biggest lack of the necessary expertise in the field of motion control in CNC is coding G-Code in setting adjust coordinate directly and convert it through expensive foreign s/w rather than using windows language in PC based controller.

In this paper, We implemented G-Code convert program that is change various type of CAD data to G-Code data and CAD/CAM application program and developed exclusive motion controller which is to run a robot directly using changed data.

Key Words : CNC, motion control, G-Code, GUI

1. 서 론

현재 국내 CNC(Computer numerical control) 산업분야는 지속적인 발전을 거듭하여 세계 5위의 성장을 이루었지만 다양성과 정보성을 중시하는 최근 제조업의 패러다임 변화에 따라 공작기계에 첨단 기술의 접목이 활발하게 추진되고 있다. 특히, 공작기계의 제어를 담당하는 CNC의 IT화는 가장 중요한 부분을 차지하고 있다. 하지만 공작기계 분야에 모션제어 전문기술은 부족한 가장

큰 이유는 PC기반의 컨트롤러의 경우 윈도우즈 언어를 사용한 S/W 부분이 상당한 비중을 차지하는 반면 CNC 분야 엔지니어들의 경우 윈도우즈 언어보다 G-Code를 직접 좌표에 맞춰 코딩하거나 값비싼 외산 S/W를 통해 변환 작업을 수행하는 경우가 대부분이^[1]. 본 논문에서는 모션컨트롤러 업계의 불모지였던 CNC 분야의 발전을 위해 다양한 형태의 CAD 데이터를 손쉽게 G-Code 데이터로 변화나 할 수 있는 G-Code 변환 프로그램 및 CAD&CAM과 모션제어를 쉽게 할 수 있는 응용 소프트

*정회원, 우송대학교 IT융합학부
접수일자 : 2016년 9월 5일, 수정완료 : 2016년 10월 5일
게재확정일자 : 2016년 10월 7일

Received: 5 September, 2016 / Revised: 5 October, 2016 /

Accepted: 7 October, 2016

*Corresponding Author: stkim@wsu.ac.kr

Dept. of IT convergence, Woosong University, Korea

웨어를 개발하고 이 변환된 데이터를 바로 로봇을 통해 원하는 동작을 시킬 수 있는 전용 모션 컨트롤러를 설계한다.

II. 관련 기술 연구

1. 국내 관련 기술 연구

현재, 국내 로봇 산업에 있어 크게 3 가지 분야인 제조업용 로봇, 전문 서비스용 로봇, 개인 서비스용 로봇 제어기 시장에서, 외산 기술에 의존하는 고가의 제어기를 수입하고 외산 로봇의 종속적인 외산 제어기에 반드시 의존하여 로봇을 제어하였다. 잠재 시장의 개척과 로봇 시장의 점진적인 개방화 및 발전을 거듭한 끝에 상업용 서보 모터 드라이브나 스텝 모터 드라이브와 같은 범용 드라이브의 지속적인 개발과 시장 성장 및 수요 증가로 범용적 로봇 제어기의 필요성이 기하급수적으로 증대되고 있다.

특히 최신 IT 기술과 스마트 모바일 기기와 통신이 가능하게 되어 로봇 제어기 기술과 종래의 외산 제어기의 중앙집중식의 방식을 탈피한 분산 네트워크 방식을 지원하는 로봇 제어 기술 연구와 개발을 지속적으로 수행하고 있다. 그러나 국내 학계나 업체에서 CAD&CAM 관련 연구가 시도 되고 있으나, 아직 관련 제품 및 개발된 사례가 아직 미흡한 단계이다.

2. 국외 관련 기술 연구

세계 시장에서 CNC 시스템은 크게 임베디드 CNC 시스템과 PC-기반 CNC 시스템으로 구분되어 다양한 모델로 개발 되어 판매되고 있으나 아직까지 기본 제어축수 2~3축인 저가 임베디드 CNC 시스템 양산 모델이 시장의 주류를 차지하며, 기존 시장의 70~90%를 차지하고 있다. 미국 “Delta tau 社”의 CNC 기반 컨트롤러는 주로 고급형 아날로그 모션제어 기능을 수행하고 컨트롤러인 UMAC 하드웨어와 POWER CNC 소프트웨어로 구성되어 있다. 또한, “내쇼날인스트루먼트 社”의 모션컨트롤러는 가장 널리 알려진 그래픽 기반 제어 솔루션 소프트웨어인 “LABVIEW”를 사용하며, 그 외 DAQ 시스템 및 모션제어기 시장에서 큰 비중을 차지하고 있다^{[2],[3]}.

III. 독립형 모션 제어기 설계

1. 독립형 모션 제어기 구성

설계한 독립형 모션 제어기는 PC 나 다른 기기에서 작성 된 CAD 데이터(DWG, DXF)를 이더넷 통신이나 SD 카드를 통해 독립형 제어기에 전송하면 CAM 데이터로 변환한 후 동선이나 액션 포인트 별 작업 설정 후 설비 및 어플리케이션 구동이 가능하다.

GUI(graphical user interface) 는 산업용 HMI나 태블릿을 통해 가능하며, 다양한 GUI 기반 API 및 라이브러리를 제공하여 초·중급 기술자도 쉽게 프로그램 구성을 할 수 있도록 설계하였다^{[3]-[5]}.



그림 1. C 기반 CAD&CAM 독립형 모션제어기 기능

Fig. 1. The Function of the motion controller C-based

위 그림 1에서 독립형 모션 제어기의 기능은 사람이 직접 원하는 좌표를 티칭하거나 복잡한 계산식에 의한 좌표 값을 텍스트 기반 코딩작업을 통해 이루어진다. 위와 같은 기술이 이용되는 설비는 소형 조각기, 운반 장비, 본딩 장비, 비전을 이용한 검사장비등이 있으며 대부분 값비싼 외산 전용제어기를 이용하고 있다. 또한, 대부분 고급 기술자의 참여 없이는 개발·양산이 어렵기 때문에 본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하고자 저렴한 보급형 제어기를 설계하여 보다 쉬운 소프트웨어와 도면을 기반으로 CAD&CAM 시스템을 적용해 활용 범위를 확대할 수 있도록 하였다.

2. 독립형 모션 제어기 H/W 설계

가. 로봇 제어를 위한 아날로그신호의 디지털변환기

모션 제어기의 설계에서 아날로그 제어 신호로 로봇을 제어 할 수 있도록 구동계의 실제 아날로그 데이터를 취득하는 로봇 제어기의 기능을 준비하여 다채널의 폭넓은 아날로그 데이터 취득 기능과 12비트의 해상력의 표현이 가능한 ADC(Analog to Digital Convert)를 개발하여 로봇제어기의 다양한 상태를 연속적으로 실시간 감시가 가능하도록 설계했다.

취득된 데이터를 고속의 메모리에 보관하며 연속적인 아날로그 데이터를 디지털 부호화하여 로봇 동작의 참조 데이터로 사용할 수 있는 기본 기술을 설계하였고 이는 기계적인 동작에 있어 토크 제어, 속도 제어, 위치 제어를 보다 정밀하게 판단할 수 있는 근거를 제공하는 기술이라고 확신하며 본 논문을 통해 아날로그 데이터의 디지털화를 위한 해상도를 향상시키는 데 지속적인 연구 개발을 수행할 예정이다.

나. 로봇 제어 전용 디지털 입출력 장치

고속의 디지털 입출력 장치를 독자적으로 기술 개발하게 됨으로서, 로봇의 각 센서 상태를 연결 할 수 있는 입출력을 포함한 최대 32점의 다양한 센서 제어를 통해 로봇 제어기와 연동 할 수 있는 근간의 기술을 설계하였다. 부가적으로 CPU 와 연동되는 인터럽트 기능을 접목한 로봇 센서의 인식 기능을 부차하여 CPU 의 가장 높은 우선순위 수준에서 디지털 입력 판단을 행하여 대응할 수 있는 고수준의 기능을 구현할 수 있다.

다. 고등 로봇 제어 기술

종래에 문제시 되었던 디지털 회로상의 로봇 제어 분야에서 노이즈 필터기능과 제어 신호의 성분에 대한 정밀도를 향상시키는 기술을 설계하여, 하드웨어적인 신호 노이즈를 필터링 하는 기능에서, 소프트웨어적인 디지털 필터 기능에 대한 조절이 가능하도록 설계하였다. 기술 개발 요소에서는 광학 소자를 이용하는데, 로봇의 하부 제어기와 기계적인 요소와 연결되는 부위를 고속의 광학 절연 소자를 사용하여, 전기적으로는 분리, 격리하면서도 전달 신호의 감쇄를 최소화하는 기술과 국내 최초로 광학 절연 부를 자체 진단하는 기술을 설계 하였다.

로봇 제어 신호에 대한 정밀도를 향상시키기 위해 제어 신호 출력 단 의 신호에 영향을 미치는 펄스 신호 출력 기반의 하드웨어 회로 구성 기술과 소프트웨어적인 구성기술을 접목하여 가장 정확한 제어 신호가 로봇의 실 구동 계에 전달 될 수 있도록 설계 하였다.

로봇 제어는 높은 속도도 중요하지만 다양한 환경에서 그 제어의 안전성과 정확성, 정밀도를 요구할 수 있기 때문에 상황에 맞는 로봇 제어 기술과 이를 위한 고등 제어 기술의 개발이 필연적이다^{[4]-[5]}.

고등 로봇 제어를 위한 기술로서는 가 감속과 거리를 기준으로 하는 자동 속도 패턴 화, 고속 이송과 저속 이송 구간을 하드웨어적으로 선별하여 자동 처리하는 구간

별 가 감속 제어 기술, 목적된 이동 거리와 위치를 로봇 상황에 맞게 실시간으로 변경 가능한 속도 및 위치 오버라이드 기술, 라인 카메라와 같은 고속 카메라와 연동하여 획득한 영상 신호 발생 처리기술 등을 예로 들 수 있다. 다만, 이러한 기술들은 그동안 해외의 로봇 제작 기술에 국한되어 있었고 일반적인 응용 및 적용 방법이 까다롭고 복잡한 수십 혹은 수백 단계의 운영 조작을 통해서만 가능했던 초고난이도의 폐쇄적 기술로 인식되어져 있었다. 위 그림 2는 모션 제어의 주요 기능을 보여준다.

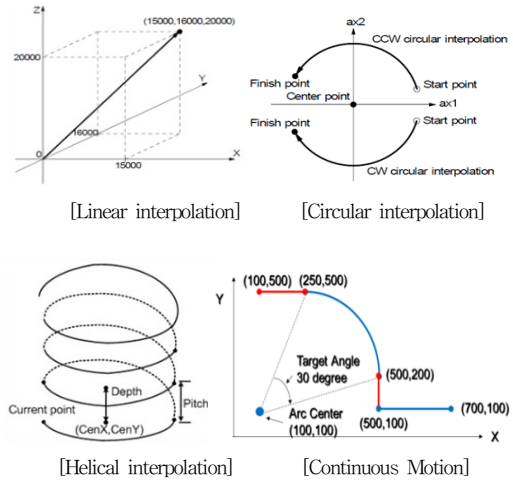


그림 2. 모션 제어의 주요 기능
 Fig. 2. The main function of the motion control

본 논문에서는 이러한 고등 로봇 제어를 위한 응용 기술을 깊이 있게 연구함으로써 제어 기반 기술로 가시적인 결과를 보였으며, 리눅스와 같은 오픈 소스 운영체제에도 쉽게 적용할 수 있도록 API(Application Program Interface) 기술을 응용 분야 및 개발의 주 대상으로 설정하여 로봇 제어의 고등 기술을 쉽게 응용프로그램 수준에서 접근 및 이용하도록 설계하였다.

본 논문은 현재 국내 시장에서 처음 시도되는 G-Code 기반 임베디드형 모션제어 전용 제어기로서, 같은 기술로 비교 분석은 어려우나 PC형 PCI 모션 제어기 사양을 토대로 다양한 제품의 비교 분석을 통하여 설계를 하였다.

3. 디지털 입 출력부 설계

본 논문에서 설계한 제어부는 로봇 제어기와 연결되어 있는 주변 장치에 순간적인 과전압이나 오 배선으로

인한 장애를 대부분 극복할 수 있으며, 외부 잡음에 의한 로봇 구동의 판단 이상 상황을 미연에 방지할 수 있다. 광학 절연 소자를 사용하게 되면, 전원 에 대한 접지를 내부 측과 외부 측을 별도로 구성할 수 있어 내부 회로를 보호하는 동시에 전원 전압 차이에 의한 문제를 해결할 수 있고, 외부 기계부에서 발생하는 잡음이 내부 회로에 영향을 주지 않기 때문에 안정적인 모듈 설계가 적용되게 된다. 디지털 입력, 출력부 구성 설계 사양과 구성도는 다음과 같다.

- Isolation Digital Input
(Sink 입력, 24V입력, 입력 저항 4.7Kohm)
- Input type : Current sinking type
- Output type : Open collector with common ground

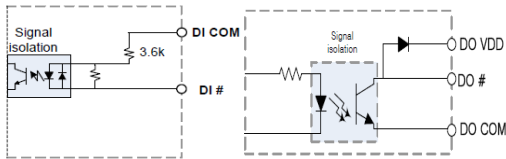


그림 3. 디지털 입력, 출력부 설계
Fig. 3. The design of digital inputs, outputs.

4. DSP 기반 독립형 모션제어기 메인 제어부 설계

고도의 신뢰성과 정확성을 보유한 DSP(Digital Signal Processor)를 이용하여, 모션 컨트롤 및 입출력 디지털 접점을 제어할 수 있고, 동작 제어에 필요한 많은 데이터의 보관과 빠른 연산, 다수의 장치와의 연결 및 상호 작용에 필요한 인터페이스에 있어 FPGA(field-programmable gate array) 와 메모리, Ethernet Module 은 데이터 수집, 처리, 연산, 통신 주체로 객체(Object)로 작용하는 실시간 제어기로 구성 된다. 다음 그림 4는 설계한 DSP 기반 독립형 모션제어기 메인 제어부 블록도 이다^{[5]-[6]}.

5. 독립형 모션 제어기의 최적화 알고리즘 설계

본 논문은 모션제어 CNC, GMC 두 기술을 융합하여 G-Code 기반의 새로운 형태의 직렬과 병렬의 스텝 코딩이 가능한 모션 알고리즘 설계하였다. 기존 PLC 사용 엔지니어는 표준 규격의 G-Code 기반이기 때문에 특별한 교육 없이 사용이 가능하며, C/C++/C#, 비주얼 베이직, 델파이 같은 고급 언어를 사용하는 GMC 엔지니어는 GUI 형태의 다양한 어플리케이션과 API를 제공하여 사용하기 더욱 손쉽고 편리하며 텍스트 기반의 코딩에 비

해 오류 검출 등이 쉽다.

직접적인 명령에 대해 최우선 순위를 부여할 수 있는 기능과 긴급한 명령에 대해서 보다 높은 순위를 부여할 수 있는“우선순위 제어 기능”을 포함한 순차 처리 과정 및 이를 통해서 로봇의 일반적인 명령과 긴급동작 등을 구분하여 순차 처리가 가능하도록 설계 하였다. 또한, 복합적으로 “병렬 처리 과정” 명령과 조합하여 최상의 로봇 제어 조건을 생성 할 수 있다.

표준화된 임베디드 및 마이크로프로세서의 소프트웨어의 운영 방식은 1개의 CPU를 탑재한 임베디드 시스템의 경우 가장 적은 시간에서 처리 및 실행할 수 있는 명령은 유일하며, 사람이 다중 처리(병렬 처리)를 하는 것과 같은 효과를 위해 전체 마이크로프로세서의 시간을 시분할 하고, 이를 계획하고 수행하여, “시분할”된 단위를 가지고 운영체제 또는 하드웨어의 지원으로 각 작업을 “시분할 스케줄링”을 하게 된다. 이는 스케줄링을 하는 각 작업 단위를 “태스크” 라고 하며, 이 단위의 다수의 프로그램을 병렬로 처리하는 것이 “병렬 제어” 라고 할 수 있다.

본 기능 부분에 대해서 순차처리의 경우 로봇 시퀀스 및 직접적인 명령 동작 에서 사용하도록 구성하고, 주변 입출력(I/O) 신호나 특수 조건이나 대기 상황에 명령을 동시화 및 고효율로 백그라운드 처리하는 병렬 처리로 설계 하였다.

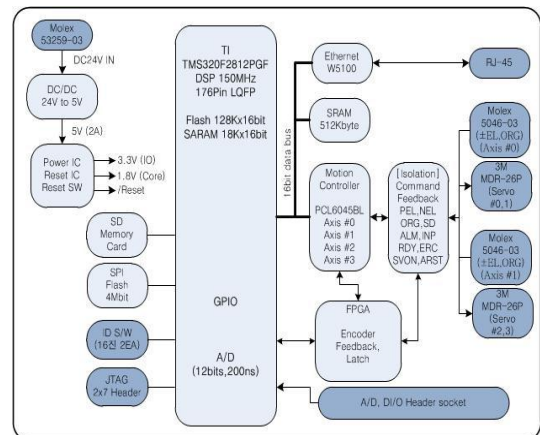


그림 4. DSP 기반 독립형 모션제어기 메인 제어부
Fig. 4. Independent motion main controller based dsp

6. CAD 데이터 추출 및 CAM 알고리즘 구현

독립형 모션제어 시스템을 기반으로 산업용 머시닝센터

터, 레이저 마킹/가공기, 디스펜서 장비등에 최적화 된 소프트웨어를 개발하기 위해 그래픽 디스플레이 장치에 출력 된 설계정보 파일(*.dwg, dxf)을 분석하여 line/arc/foly 등의 모든 선분의 좌표, 색상정보와 축 이동 시 가장 빠르고 효율적인 패턴을 스스로 찾아 내 가공이나 마킹 등에 사용할 수 있도록 설계 하였다. 또한, 다오므 그림 5와 같이 도면상에서 추출한 데이터를 별도의 CAM 프로그램을 거치지 않고 개발 예정인 모션 제어기에 삽입 시 자체 개발 CAM 알고리즘을 통해 원하는 구동을 할 수 있도록 했다^{[6]-[7]}.

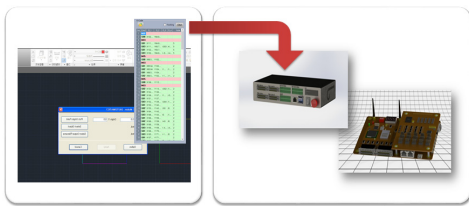


그림 5. CAD&CAM 기반 모션 알고리즘 개발
 Fig. 5. Development motion algorithms based on CAM

CAD&CAM 기반 모션 알고리즘을 설계 했는데 PC 나 HMI 등을 이용 도면을 CAD&CAM 소프트웨어를 통해 변환 후 어플리케이션에 적용할 수 있다. 독립형 모션제어 시스템을 기반으로 CNC, 레이저마킹, 디스펜서 장비 등에 최적화 된 소프트웨어를 설계 하였고 기존 윈도우즈 언어를 통한 코딩 방식과 도면을 활용한 그래픽 기반 제어 소프트웨어를 지원 한다.

NC 데이터는 선분의 색상을 통해 가공 속도, 출력량 등을 조절 할 수 있으며 간단한 도면 수정이 가능하다. 워크 파일은 제어기의 모션 프로파일, 디지털 입출력, AD등을 통해 원하는 기능을 수행 하도록 하며 외부기기의 제어나 통신이 가능 하다.

다음 그림 6과 같이 CAD도면을 개발한 소프트웨어를 통해 G-Code로 변환하고 NC파일을 생성한 후 워크 파일로 변환하여 설비 및 어플리케이션에 적용할 수 있다.



그림 6. CAD&CAM을 활용한 제어기 운영 순서
 Fig. 6. The operation order of controller using CAD&CAM

다음 그림 7은 모션 알고리즘 수행 및 적용 순서 이다.

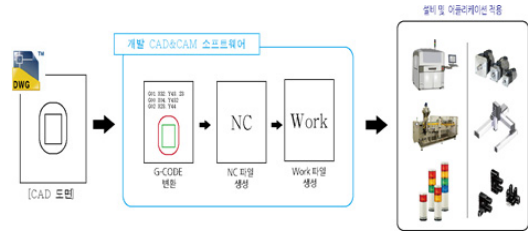


그림 7. 모션 알고리즘 수행 및 적용 순서
 Fig. 7. Motion algorithms and order.

IV. 소프트웨어 및 디버깅 툴 개발

사용자가 GUI로 쉽게 프로그램 할 수 있도록 지원하는 스마트한 디버깅 및 모니터링 툴을 제공하여 문제발생 시 빠른 에러를 해결할 수 있다.

로봇제어나 시퀀스를 위한 GUI 기반의 프로그래머블 프로그램 저작 툴로 Timeline Base 로봇제어 시퀀스 편집모듈을 지원한다. 리눅스 계열 OS에 적용 가능한 드라이버와, SDK를 제공하고 G-Code 변환 프로그램을 이용한 CAD/CAM 분야에 적용할 수 있도록 설계 하였다.

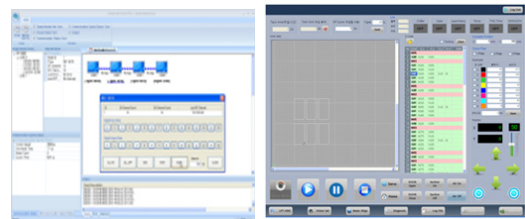


그림 8. 스마트 디버깅 및 모니터링 툴 실행 화면
 Fig. 8. The program execution screen of smart debugging and monitoring tool

V. 결 론

본 논문에서는 모션컨트롤러 업계의 불모지였던 CNC 분야의 발전을 위해 다양한 형태의 CAD 데이터를 손쉽게 G-Code 데이터로 변환할 수 있는 G-Code 변환 프로그램 및 CAD&CAM과 응용 소프트웨어 알고리즘을 설계 하고 이 변환된 데이터를 바로 로봇을 통해 원하는 동작을 시킬 수 있는 전용 모션 컨트롤러를 설계 했다. 이를 위해 DSP 기반 독립형 모션제어기 메인 제어 부, 독

립형 모션 제어기의 최적화 알고리즘을 설계 했고 CAD 데이터 추출 및 CAM 알고리즘 구현했다. 또한 사용자가 GUI적으로 쉽게 프로그램 할 수 있도록 지원할 수 있는 스마트한 디버깅 및 모니터링 툴을 제공하여 문제발생 시 빠르게 문제를 해결할 수 있다. 본 논문에서 개발한 임베디드 모션 제어기를 이용하여 CAD&CAM을 활용한 제어기 운영 순서를 단순화시킴으로써 기존의 방법보다 높은 처리능력을 갖게 될 것이다.

References

- [1] Cha, M.H., et. al, 2013, "An Introduction of the Omni-directional Movement Control for Virtual Training of Dismounted Soldiers", Proceedings of the Society of KSME Conference, pp.1917-1918
- [2] F. Benzi, G. S. Buja, M. Felser, "Communication Architectures for Electrical Drives," IEEE Trans.Industrial Informatics, vol.1, no.1, pp.47-53, Feb.2005.
- [3] IEC, "IEC 61131-3, 2nd Ed. Programmable Controllers-Programming Languages," International Electrotechnical Commission, 2003.
- [4] K. Kim, M. Sung and H-W. Jin, "Design and Implementation of a Delay-guaranteed Motor Drive for Precision Motion Control," IEEE Transactions on Industrial Informatics, online published, Oct. 2011.
- [5] Implementation Guideline for CiA402 Drive Profile, EtherCAT Technology Group ETG.6010, 2010.
- [6] Lichtenstein L, et. al, 2007 "A feedback control instrument for treadmill locomotion in virtual environments", ACM Trans. Appl. Percept, 4(1):1 - 17
- [7] Se-Jun Park, "Implementation of Mobile Robot Platform Based on Attitude Reference System for Pan-tilt Camera Control" The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 16, No. 2, pp. 201-206, Apr.30, 2016

저자 소개

김 삼 택(정회원)



- 1985년 : 한남대학교 전자계산학과 학사 졸업
- 1987년 : 중앙대학교 전자계산학과 석사 졸업.
- 2005년 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사학위
- 1995년 3월 ~ 2007년 8월 : 우송정보대학 컴퓨터정보계열 교수.
- 2007년 9월 ~ 현재 : 우송대학교 IT융합학부 교수
<주관심분야 : 유/무선 네트워크, VoIP, 모바일 컴퓨팅, USN>