

비전 이미지 프로세싱을 이용한 외관검사가 가능한 기계시스템 및 비전 알고리즘 개발

김영춘¹, 김영만^{*}, 김성길², 김홍배³, 조문택⁴

¹공주대학교 기계자동차학부, ²공주대학교 건설환경공학부, ³전남도립대학교 조선기계과, ⁴대원대학교 전기전자과

Development of the Mechanical System and Vision Algorithm for the External Appearance Test Using Vision Image Processing

Young-Choon Kim¹, Young-Man Kim^{*}, Sung-Gil Kim², Hong-Bae Kim³, Moon-Taek Cho⁴

¹Division of Mechanical Automotive Engineering, Kongju National University

²Department of Civil & Environmental Engineering, Kongju National University

³Department of Shipbuilding and Machine, Jeonnam Provincial College

⁴Department of Electrical & Electronic Engineering, Daewon University College

요약 본 논문에서는 저가의 카메라를 활용하여 육안 검사로 해왔던 c-tray와 관련된 불량률 비전 이미지 기술을 활용하여 자동으로 검사하였으며, 4대 검사항목인 트레이내 디바이스 겹침, 트레이 휨, 트레이 적재수량, 트레이내 디바이스 포켓 이탈 등 불량유형을 define 및 검출하는 알고리즘을 개발하였다. 따라서, 개발한 핸들링 시스템으로 인해 c-tray의 스택이나 기타 포장 공정에서의 수량 확인 공정 등에 확대 적용이 가능하였다. 그리고 제어를 활용한 비전 이미지를 처리하고 사용자 gui를 처리하는 제어프로그램과 스캔 속도에 맞춰 최적의 검사 이미지를 확보할 수 있는 기계 작동제어 프로그램을 개발하여 비전 데이터 처리와 이미지 획득이 가능한 기계 시스템을 설계하였다.

Abstract In this study, the defect in connection with a C-tray was inspected using a low-cost camera. The four test items were the device overlapping in the tray, the bending of the tray, the loaded quantity of the tray, and the device pocket leaving, an algorithm was developed for defining and detecting the above defect types. Therefore, the developed handling system could extend the application of the stack of the c-tray and provide a quantity verification inspection on the packing processing. The machine operation control program, which can ensure the optimal inspection image to match the scan speed, was developed and the control program that can process the user gui and the vision image utilizing the control was developed. Overall, a mechanical system that is practicable for obtaining an image and processing the vision data was designed.

Keywords : Camera, C-tray, Overlapping, Algorithm, Scan speed, Vision data

1. 서론

반도체 패키지의 두께는 휴대 기기의 경량화 요구에 의해 지속적으로 얇아지고 품질 관리수준은 점점 높아지는 상황이다. 반도체 검사 및 조립 공장에서는 자동화에 의한 반도체 패키지가 핸들링되고 있는데 이 과정에서

c-tray라는 적재 전용 박스에 적재되어 lot 단위로 핸들링되는 과정에서 c-tray내 적재된 반도체가 포켓에서 이탈하거나 불량품의 혼입 또는 이물질이 포함되게 되어 이송과정에서 품질 문제를 유발할 수 있다[1].

기존 시스템은 수량 카운트가 되지 않고, 단순 들뜸만 측정되는 단순 기능을 가진 장비만 존재하며, c-tray 한

*Corresponding Author : Young-Man Kim(Kongju National Univ.)

Tel: +82-10-7574-7275 email: martin02@kongju.ac.kr

Received January 13, 2016

Revised (1st February 2, 2016, 2nd February 3, 2016)

Accepted February 4, 2016

Published February 29, 2016

장 단위로 device 수량을 파악하거나, 포켓의 안착 여부를 검출하는 유사한 시스템은 있지만 c-tray의 적재 상태에서 양산 라인에 적합하게 고속으로 검사할 수 있는 설비가 없는 실정이다. 그리고 일본의 경우 반도체 산업의 몰락으로 자동화 설비에 대한 투자다운 투자가 사라진지 오래이며 자동화에 대한 추진이 어렵고 생산현장의 외국 이전으로 이러한 시스템에 대한 필요성이 없어 개발된 시스템이 없는 실정이다[2-4].

C-tray내 이물 검출에 대해 사람의 육안으로 확인함에 있어 불편함을 유발하고 이물 및 틈새 검출에 있어 작업자의 실수에 의해 확실한 검출이 불가능한 경우가 발생할 수 있으며, 작업능률이 낮아지는 상황이 발생하게 된다.

따라서, 본 논문에서는 c-tray가 적재되어 있는 상태에서 반도체 패키지의 포켓 이탈, 겹침, 기타 이상 증상을 비전으로 검출하고, c-tray 적재상태에 대해 비전 검사할 수 있도록 기구 구성을 개발하고, 검사 가능한 비전 이미지가 검출되도록 기계 강성을 개발하였으며 비전 이미지 캡처와 c-tray pitch 이동의 timing 동기화나 작동 시퀀스 및 제어 아키텍처 구성을 개발하였다.

2. 본론

2.1 핸들링 시스템 레이아웃 설계

C-tray를 작업자가 로딩하기 좋은 높이로 설계하였으며 vision 카메라로 촬영 시 촬영 이미지가 선명한 이미지가 될 수 있도록 외부 진동요인에 의한 영향을 최소화하기 위해 저중심 설계를 하였으며, 카메라 및 구동부가 모두 컴팩트한 시스템 내에 그림 1과같이 배치하였다. 또한 그림 2와 같이 작업자의 위치를 고려하고 시스템이 자동화 라인의 물류 공정 사이에 설치 및 이동이 용이하도록 설계하였다.

작업자 로딩 높이도 기존 물류 라인의 높이와 비슷하게 설계하였으며, 향후 인라인까지 구성될 때에 설비의 업그레이드가 용이하도록 사전에 인라인 컨셉을 고려하여 오프 라인으로 개발하였다.

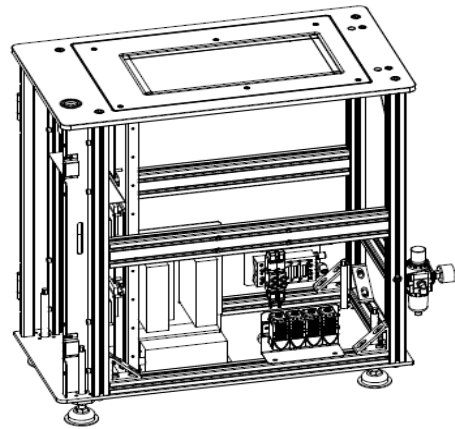


Fig. 1. Product appearance

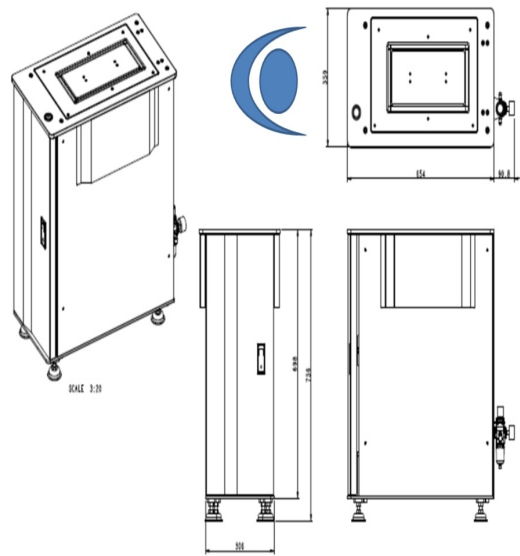


Fig. 2. Product appearance layout

2.2 비전 시스템 설계

그림 3은 카메라 레이아웃을 나타냈다. 카메라에서 픽셀수는 4000개 이상의 카메라를 사용하였고, 기본적으로 4대를 장착하였다. Fov는 100mm(100,000um) 이상이며, 최소 검출 크기는 350um(0.35mm) 이상이고 0.09mm의 분해능으로 구성하였다. 그림 4는 카메라 ass'y의 상세 개념도를 나타냈다.

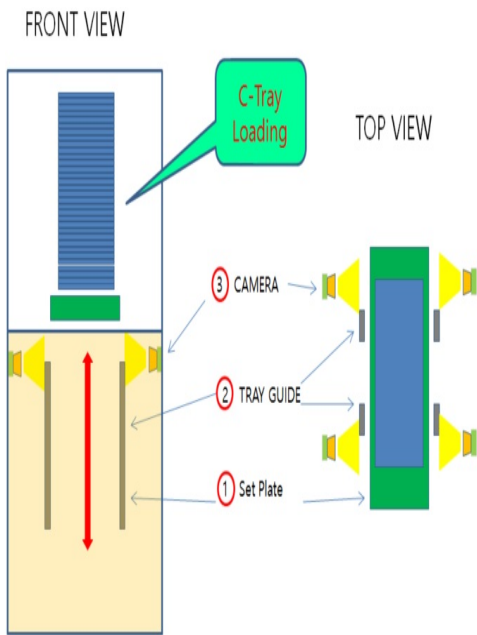


Fig. 3. Camera layout

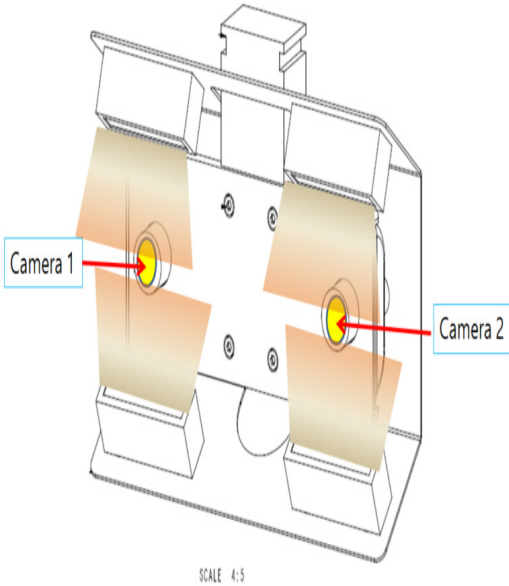


Fig. 4. Assy camera conceptual detail

2.3 이미지 프로세싱

이미지 캡처된 이미지는 bright field가 되도록 조명을 하였고, bright field에 의해 c-tray간 유격이 생기면 어렵게 하였다. recipe 세팅에 의해 입력된 c-tray의

두께 값을 활용하여 바닥부터 c-tray간의 경계부분을 정의하였고, c-tray간의 경계부분에 어두운 부분(틈새)가 6 픽셀 이상 있고, 이러한 특성이 직선성을 갖는지 확인하여 이러한 이미지 프로세스의 방법을 통하여 불량 부위를 검출하였다. 또한, 로딩된 c-tray의 이미지 캡처가 끝나고 나면 c-tray가 unloading될 수 있도록 하며 이 시간 동안 이미지 프로세싱하여 설비의 양산성을 높였으며, 이미지의 총량을 통해 recipe 세팅 값을 기준으로 c-tray 매수를 연산하였다.

영상처리 알고리즘을 위해 카메라로부터 받은 트레이의 영상 데이터를 gaussian blur 전처리를 수행하여 조명이나 기타 현상에 의한 노이즈 등을 제거하였으며, 전처리된 영상 데이터는 에지 처리를 위하여 canny 알고리즘을 사용하였다. 이 처리를 통하여 틈새 및 각종 이물질에 대해 영상처리하기 쉬운 에지 데이터를 구성함으로써 에지의 간격을 카메라의 센서 개수×픽셀당 Fov 크기의 산출 및 측정하여 틈새가 발생하였음을 판별하였다. GUI는 시스템 구동에 필요한 각종 파라미터를 설정하며, 영상처리 결과를 사용자에게 알려주도록 하였다.

조명 컨트롤은 카메라가 최상의 영상데이터를 얻는데 필요한 조명을 제공하기 위하여 조명 시스템을 컨트롤하고 카메라는 메인보드의 카메라 캡처 가능 신호에 따라 조명이 안정화된 이후에 트레이 영상 캡처를 수행 후 캡처된 영상 데이터는 영상처리 알고리즘으로 전달하게 되며 그림 5와 그림 6과 같이 카메라에서 얻은 live image는 육안으로 보는 결과와 같은 이미지를 보였다. 카메라의 live image에서 gray level에 대한 threshold 등의 파라미터를 입력하여 c-tray 사이의 틈을 구별할 수 있도록 선분을 검색하였다.



Fig. 5. Camera layout

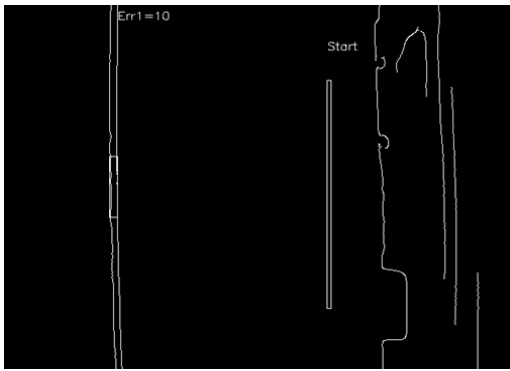


Fig. 6. After Image Processing Image

2.4 각 구동부 상세 설계

카메라로 촬영 시에 c-tray에 진동이 없도록 하여 깨끗한 이미지를 얻도록 하였다. 그림 7과 같이 고속 이송 및 이미지 촬영시의 깨끗한 이미지 캡처를 위해 서보모터 및 ball screw를 이용한 고속 이송 mechanism으로 설계하였다. 이미지의 촬영은 고속 이송이 완료되고, 촬영에 적합하도록 기구가 안정화된 이후에 이미지를 촬영하여 깨끗한 이미지를 확보하였고 생산성 향상을 위하여 상승 및 하강 작동시에는 고속으로 구동하며 c-tray의 loading과 unloading 작업이 용이하도록 c-tray가 장비의 상단으로 돌출되도록 설계하였다. 그림 8은 업/다운 구동부의 3D 이미지를 나타냈다.

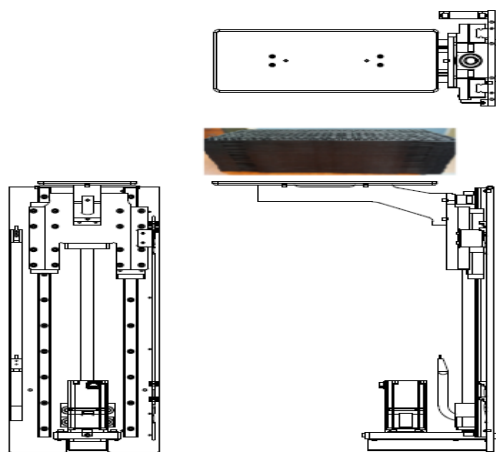


Fig. 7. Up / Down drive, Front / side view

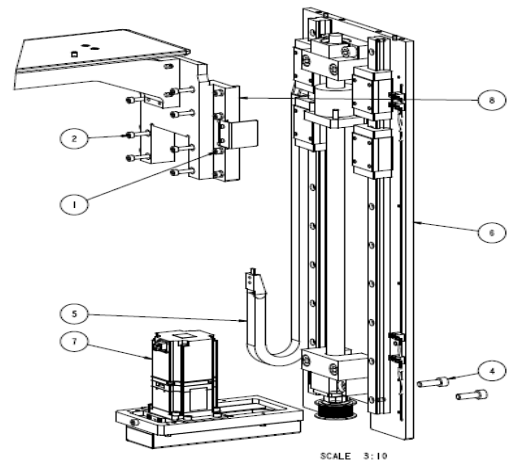


Fig. 8. Up / Down drive 3D Image

C-tray의 단면을 image 촬영하기 좋도록 c-tray의 단면을 align한 뒤 c-tray가 up 이동하기 좋도록 c-tray를 그림 9와 같이 release하였다.

카메라는 그림 10과 같이 c-tray의 좌우 촬영이 가능한 위치에 설치하여 촬영에 필요한 조명은 카메라 1개 당 2개의 조명이 상하에서 45°로 조명 빛을 조사하도록 설계하였다. 조명에서 조사된 빛은 c-tray에 반사되고 반사된 빛이 카메라에 촬영되므로 c-tray의 면이 백색으로 보인다.

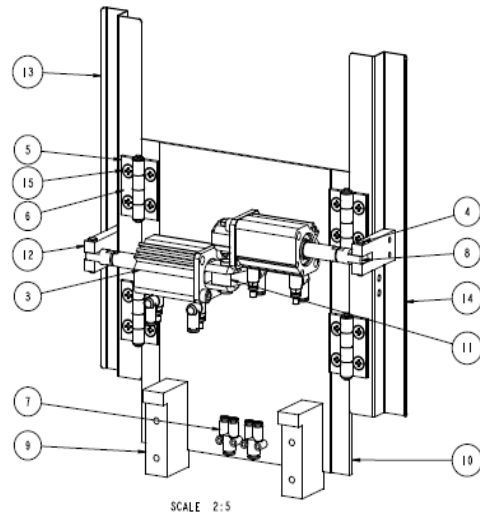


Fig. 9. Clamp unit

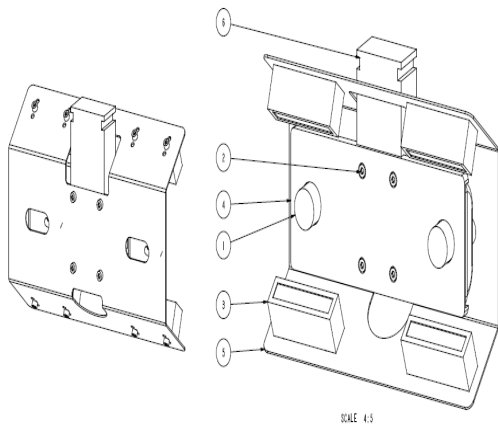


Fig. 10. Camera and lighting fixture Unit

2.5 시스템 제어 알고리즘 및 프로그래밍

그림 11은 제어와 관련된 unit 블록도이다. 작동 시퀀스로 우선 검사 대상 c-tray를 검사기에 수동으로 적재한 뒤 스타트 버튼에 의해 c-tray의 최대 수량까지 측정할 수 있는 최저위치까지 set plate를 하강한다. 이 때, c-tray가 흐트러져 있을 수 있으므로 tray-guide를 통해서 좌우를 자동으로 정렬한다. 또한 10매씩을 카메라로 측정하기 위해 42번째 c-tray에서 33번째 c-tray가 촬영될 수 있는 위치로 set-plate를 상승시켜 c-tray를 4개의 카메라를 이용해 촬영하고 이미지 프로세싱을 실행한다.

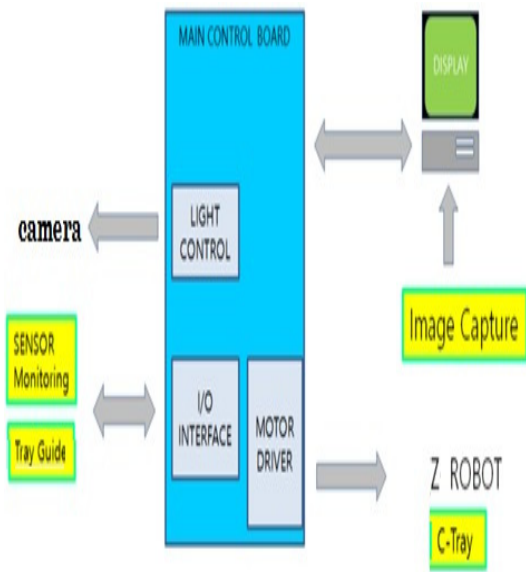


Fig. 11. Unit block is also associated with control

그림 12는 제어 하드웨어의 역할분담도이다. 메인에서는 장비 구동에 필요한 센서 감지와 모터 구동을 담당하고 작업 개시 start나 stop 버튼 및 작업상태를 LED로 알려주는 기능을 담당한다. 메인에서는 작업자에게 결과를 알려주거나 recipe 값을 입력받는 GUI를 제공한다. 이미지 프로세싱을 위한 카메라에서의 데이터를 입력 받고 비전 이미지 프로세싱을 하여 결과를 연산하고 결과 값을 화면에 표시한다.

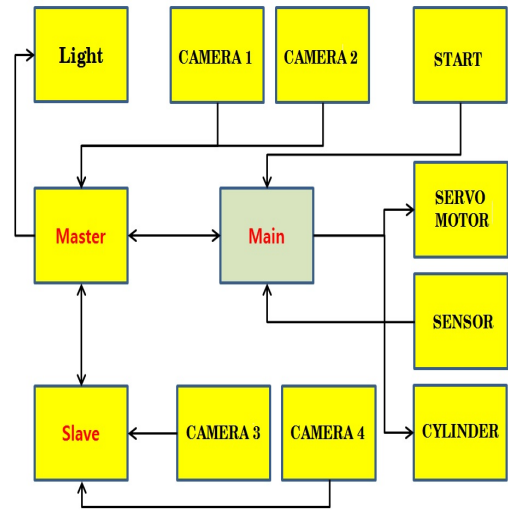


Fig. 12. Communication Relationship between Main Board, peripheral controllers, Unit

서보모터 제어는 펄스제어모터로 제어펄스를 저장할 버퍼를 준비한다. 서보모터 제어에 필요한 초기 값을 셋팅하며 서보모터 제어 버퍼에 제어 펄스를 셋팅한다. 또한 초기 구동 값, increase시 이동 값, normal 이동시 값, decrease 이동시 값을 셋팅한다. 셋팅된 값들을 실행 버퍼에 저장된다.

시리얼 통신 제어를 위해서는 시리얼 통신의 하드웨어를 초기화한 후 시리얼 통신은 115200bps를 셋팅하고 송신포트 초기화 및 수신포트를 초기화한다. 시리얼 통신의 전송속도, 전송데이터, 바이트 사이즈, 스톱비트 사이즈 패리티 비트를 셋팅한다.

센서 인터페이스 컨트롤 제어는 모터의 시작 위치를 유도하는 포토 센서 모니터, 모터가 정상구간 이외의 위치로의 이탈감지, 트레이의 이동 위치 모니터, 트레이의 이동에 따른 카메라 캡처 위치 모니터, 실린더의 동작상태 모니터 제어를 한다.

영상 통합 제어에서 카메라는 트레이를 이동해 가면서 캡처하고, 탑재한 트레이의 매수에 따른 이미지의 매수를 확인하며 각 이미지 데이터를 차례로 분석하면서 에러 발생 여부를 분석한다. 그리고 각 처리된 이미지 화면의 에러 상황을 통합하고 처리된 결과를 화면에 표시한다.

카메라 4개의 데이터 통합 제어는 하나의 컨트롤러에 두 대의 카메라를 장착하여 처리하고 전면 컨트롤러는 마스터 컨트롤러, 후면 컨트롤러는 슬레이브 컨트롤러, 전체적인 제어는 마스터 컨트롤러에서 처리한다. 슬레이브 컨트롤러는 마스터 컨트롤러가 주관하여 처리하고 마스터 컨트롤러는 모든 처리가 끝나면 마스터 및 슬레이브 컨트롤러의 처리까지 취합하여 표시한다.

시스템 통신 설정 UI 프로그램은 시스템 통신 설정을 위하여 UI를 준비하여 원활한 통신 설정을 하고 메인 컨트롤러의 준비된 라이브러리를 이용한다.

기타 제어 프로그램은 이미지 캡처된 영상내의 노이즈 제거하며 노이즈 환경에 맞춰 실행 횟수를 증가하며 노이즈 제거의 전처리를 완료한 이미지를 준비하여 threshold1 값을 정하고 처리 대상에서 제외할 LOW 포인트를 결정하고, threshold2 값을 정하고 경계로 인정할 high 포인트를 결정한다.

3. 결론

본 논문에서는 카메라를 활용하여 육안으로 해왔던 c-tray와 관련된 불량률 비전 이미지 기술을 활용하여 자동 검사가 가능하게 하였다. 4대 검사 항목인 tray내 디바이스 겹침, tray 휨, tray 적재수량, tray내 디바이스 포켓 이탈 등 불량 유형을 정의 및 검출 알고리즘을 개발하였다. 또한 핸들링 시스템을 개발함으로써 c-tray의 스택이나 기타 포장 공정에서의 수량 확인 공정 등에 확대 적용이 가능하였다.

그리고 제어를 활용하여 비전 이미지를 처리하고, 사용자 GUI를 처리하는 제어 프로그램과 스캔 속도에 맞춰 최적의 검사 이미지를 확보할 수 있는 기계 동적구조의 개발과 안정적 스캔이 가능한 기계 작동 제어 프로그램과 비전 데이터 처리와 이미지 획득이 가능한 기계 시스템을 개발하였다.

References

- [1] Alison R. Weissa, Jocelyne Bachevaliera, "Object and spatial memory after neonatal perirhinal lesions in monkeys", *Behavioural Brain Research*, Vol.298, Part B, pp.210 - 217, February, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2015.11.010>
- [2] H. M. YUAN, M. BLACKWELL, S. MCGRATH, T. S. GEORGE, S. H. GRANGER, J. M. B. HAWKINS, S. DUNHAM and J. B. SHEN, "Morphological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) roots to phosphorus supply in two contrasting soils", *The Journal of Agricultural Science*, Volume 154, Issue 01, pp.98 - 108, January, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859615000702>
- [3] O.A. García-Garduño, J.M. Lárraga-Gutiérrez, M. Rodríguez-Villafuerte, A. Martínez-Dávalos, T. Rivera-Montalvo, "Effect of correction methods of radiochromic EBT2 films on the accuracy of IMRT QA", *Applied Radiation and Isotopes*, Volume 107, pp.121 - 126, January, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2015.09.016>
- [4] Kaelyn E. Wilke, Erin E. Carlson, "Thiol-ene-Enabled Detection of Thiophosphorylation as a Labeling Strategy for Phosphoproteins", *Phospho-Proteomics*, Volume 1355, pp.3 - 5, 2016.
DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4939-3049-4_1

김 영 춘(Young-Choon Kim)

[종신회원]



- 1987년 2월 : 대전공업대학교 전기공학과 (공학사)
- 1989년 8월 : 명지대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 명지대학교 전기공학과(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차 교수

<관심분야>

전자자동차전력변환, 전장제어, 하이브리드자동차

김 영 만(Young-Man Kim)

[준회원]



- 2015년 2월 : 공주대학교 자동차공학과 (공학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 (공학석사)

<관심분야>

기계 및 자동차 전장제어, 전기자동차전력변환

조 문 택(Moon-Taek Cho)

[종신회원]



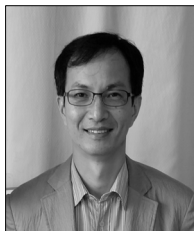
- 1988년 2월 : 명지대학교 전기공학과 (공학사)
- 1990년 2월 : 명지대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 명지대학교 전기공과(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 대원대학교 전기전자과 교수

<관심분야>

신재생에너지, 시뮬레이션

김 성 길(Sung-Gil Kim)

[정회원]



- 1990년 8월 : 연세대학교, 건축공학과 도시공학전공 (공학석사)
- 2003년 12월 : 독일 함부르크공대, 도시및교통계획 (공학박사)
- 1991년 6월 ~ 1993년 2월 : 한국개발연구원(KDI) 연구원
- 1999년 10월 ~ 2004년 6월 : 독일 함부르크공대 주거-교통연구소(ECTL) 객원연구원

• 2004년 12월 ~ 2005년 2월 : 한국교통연구원(KOTI) 책임연구원

• 2005년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 건설환경공학부 도시공학전공 교수

<관심분야>

Smart-City, Big-Data

김 흥 배(Hong-Bae Kim)

[정회원]



- 1986년 2월 : 충남대학교 기계공학과 (공학사)
- 1990년 2월 : 충남대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 충남대학교 기계공과(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 전남도립대학교 조선기계과 교수

<관심분야>

전기자동차전력변환, 전장제어