

포토센서를 이용한 김 혼합물 농도 조절 시스템 구현

이배규¹ · 최정호^{2*}

Implementation of Concentration Control System for Mixtures of Seaweed Using Photo Sensor

Bae-Kyu Lee¹ · Jeong-Ho Choi^{2*}

¹Assistant Professor, Department of Mechatronics Engineering, Chosun College of Science & Technology, Gwangju, 61453 Korea

^{2*}Adjunct Professor, Department of Mechatronics Engineering, Chosun College of Science & Technology, Gwangju, 61453 Korea

요 약

우리나라에서 단일품목으로 가장 큰 수출품인 마른 김은 현재 우리나라의 시장 사정상 대량생산에 중점을 둔 상황이다. 이는 자연스럽게 마른 김의 품질하락으로 이어졌다. 따라서 본 논문에서는 마른 김 생산 시에 기존에 사용자의 경험에 의존하여 김 혼합 비율을 맞추는 방식을 포토센서(IR sensor)를 이용한 보다 효율적으로 조절하는 방식을 제안하였다. 또한 광원을 발생시키는 IR LED Lamp와 농도를 검출하는 포토센서 등을 통하여 얻어진 1차 영상정보들을 바탕으로 실시간으로 김 혼합물 농도를 판단할 수 있는 임베디드 측정 시스템을 개발하였다. 이 방식에서는 정밀한 데이터를 실시간으로 수집 저장함으로써 매년 겨울마다 반복되는 작업 환경에서 이전 연도의 데이터를 확인하여 보다 손쉽게 대처할 수 있게 한다.

ABSTRACT

Seaweed(Laver), Korea's largest export product, is currently focused on mass production due to the market situation in Korea. This naturally led to a decrease in the quality of seaweed. Therefore, in this paper, the present method was produced and tested by changing the way of adjusting the ratio of seaweed mixing, which was dependent on the user's sense and experience in the production of seaweed. In addition, I developed an embedded measurement system that can determine the concentration of a mixture of gold in real time based on primary image information obtained through an IR LED lamp that generates a light source and a photo sensor that detects concentration. By collecting and storing precise data in real time, it is easier to cope with the previous year's data in a work environment that is repeated every winter.

키워드 : 김, 임베디드 시스템, 메카트로닉스 시스템, 농도 조절, 포토센서

Keywords : Seaweed, Embedded system, Mechatronics System, Concentration control, Photo sensor

Received 3 April 2020, Revised 8 April 2020, Accepted 12 April 2020

* Corresponding Author Jeong-Ho Choi(E-mail:jcsptium@gmail.com, Tel:+82-62-230-8290)

Adjunct Professor, Department of Mechatronics Engineering, Chosun College of Science & Technology, Gwangju, 61453 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.4.553>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

1990년대에 우리나라는 질 좋은 마른 김을 생산하여 대부분을 일본에 수출하였다. 일본은 자국에서 생산한 김은 물론 중국과 우리나라에서 들여온 양질의 김을 모두 소비하는 주요 김 소비국 중의 하나이다. 하지만 2000년대에 들어서면서 일본은 마른 김의 생산과 소비가 동시에 줄어들었고 경제력이 커진 중국과 우리나라는 김 생산과 소비량이 늘게 되었다. 또한 미국과 유럽, 동남아시아 등에서도 김을 찾는 사람들이 늘고 있다. 과거 미국·유럽에선 김을 블랙 페이퍼(Black Paper)라고 부르며, 일종의 혐오식품처럼 여겼으나 지금은 웰빙(Well-Being) 열풍으로 인해 건강 스낵으로 불리고 있으며, 이는 다음 표 1과 같이 마른 김 수요량의 증대로 이어졌다.

Table. 1 Domestic seaweed production and export ratio

| | | | | | | | | |
|------------------------|---|------------------|--|------------------------|---|-------|--|------|
| Total supply | 118 million bundle(as of 2015) | | | | | | | |
| Domestic & Export | Domestic (80 million bundle) | | | | Export (40 million bundle) | | | |
| Supply route | 2nd Seaweed processing company (60%) → Large distributor | | Producer wholesale market (30%) → Consumer wholesale market | | Seaweed processing company (10%) → Consumer wholesale market | | UAS(26.1%), Japan(20.3%), Thailand(17.9%), China(10.3%), Taiwan(4.1%), and others(21.3%) | |
| Final consumption type | General consumption | Catering company | cafeteria | Kimbab specialty store | Etc | Japan | USA | Etc |
| | 33% | 39% | 11% | 11% | 6% | 51.9% | 42.2% | 5.9% |

마른 김 수요 국가는 현재 192개국인 것에 비해 마른 김 공급 국가는 한국, 중국, 일본이며 김 공급의 대부분을 차지하고 있다. 한국, 중국, 일본 3개 국가는 각 나라별로 김의 수출 품목이 다르며, 그 중 마른 김 수출량은 한국이 1위이다[1]. 현재 우리나라의 연간 마른 김 수출액은 5억 달러를 초과하였으며, 수출량으로는 20만 톤에 달하는 양을 수출하고 있다[2].

마른 김 생산의 과정은 그림 1과 같이 크게 3부분으로 나누어진다. ① 김과 해수로 이루어진 원초인 물김 자루를 짜는 각반기 ② 이물질을 선별하고 절단하고 그 후에 원초인 물김을 숙성하여 물김의 농도를 해수와 섞

어 일정한 농도로 유지시키는 초재실 ③ 건조기에 올려 마른 김을 생산하기 위해 우리가 흔히 아는 사각형 모양의 김을 성형하는 건조기로 구성된다. 그 뒤에 건조실로 들어가 최소 1시간 30분에서 2시간 30분의 시간이 소요된 뒤 건조기 하단에서 마른 김이 완성된다. 이처럼 마른 김 생산은 크게 각반기, 초재실, 건조기 3가지로 분류된다.

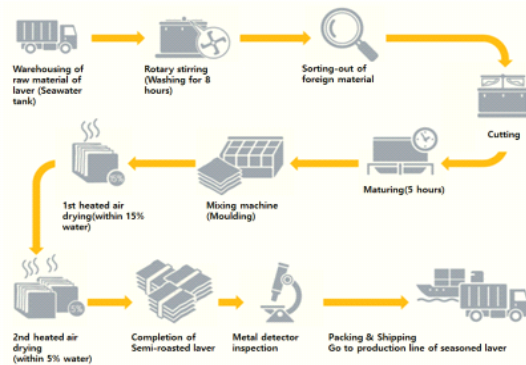


Fig. 1 Seaweed production schematic

앞에서 거론된 한국, 중국, 일본은 서로 다른 항목의 김을 수출하고 있다. 30년 전 일본의 마른 김 생산 자동화 공정을 도입하였지만 소량, 고품질의 일본과 달리 대량 생산을 추구하는 우리나라의 특성상 자연스레 마른 김 품질의 하락을 불러왔다. 일본의 자동화 공정은 적절한 속도를 바탕으로 마른 김 건조기를 정확하게 운영하는 시스템으로 일본 시장과는 결맞았지만 우리나라에서 대량 생산에 적용하기에는 많은 어려움이 있었다.

마른 김을 생산하는 공정 중 가장 중요한 두 가지 공정은 초재실에서 원초의 농도를 일정하게 유지하는 것과 건조기에서 성형 시 물김의 양으로 결정되는 마른 김의 중량 및 두께 조절이다. 이는 숙련된 경력자의 경험이 중요하기 때문에 젊은 인력이 유입될 경우 마른 김 생산과 품질향상에 많은 애로사항이 발생하게 되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본 논문의 II장에서는 기반 기술에 대한 내용으로 임베디드 시스템 모델링 및 메카트로닉 시스템에 대해 기술하였다. III장에서는 개발 환경에 대한 내용으로 마른 김 생산에서 건조기 단계에 들어가기 전 초재실에서의 김 혼합 비율에 따른 혼합물 농도 조절 센서를 구성하였으며, IV장에서는 사용자

측면을 고려하여 김 혼합물 농도 조절 시스템을 구현하였다. 끝으로 V장에서 간략하게 결론을 정리하였다.

II. 기반 기술

2.1. 임베디드 시스템

임베디드 시스템을 위한 소프트웨어 개발은 소프트웨어와 하드웨어가 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 범용 컴퓨터를 위한 소프트웨어 개발과 달리 하드웨어 및 소프트웨어가 동시에 설계 및 구현되어야 한다. 따라서 임베디드 시스템 개발 전 과정을 의미하는 생명주기도 비교적 복잡하다[3].

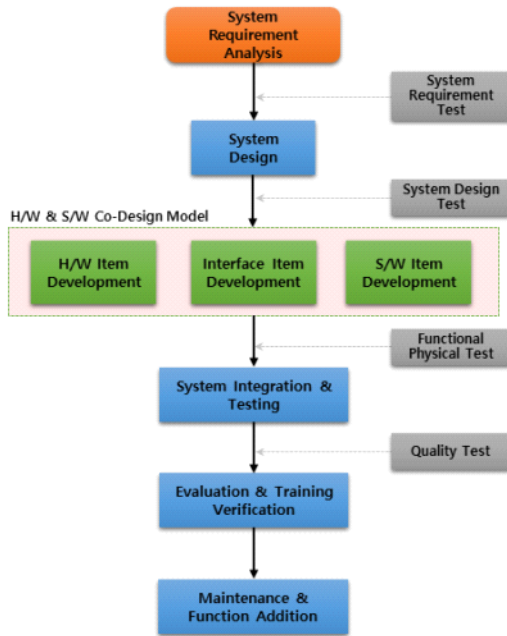


Fig. 2 Life-cycle of embedded system development project

그림 2와 같이 임베디드 시스템 개발의 생명주기는 크게 6단계로 나눌 수 있으며, 각 단계에 대응하는 검증 절차들을 갖는다. 특히 임베디드 시스템은 하드웨어 설계 및 소프트웨어 설계로 구성되며, 필요에 따라 인터페이스 영역 설계시 하드웨어 및 소프트웨어가 동시에 수행된다. 이처럼 임베디드 시스템 설계는 기본적으로 하드웨어 요소와 소프트웨어 요소를 동시에 포함하기 때

문에 개발자들은 가장 먼저 하드웨어 기능과 소프트웨어 기능의 역할을 결정지어야 한다. 하지만 최근 하드웨어의 소프트웨어화와 소프트웨어의 하드웨어화를 위한 기술들이 발전하면서 이러한 하드웨어 기능과 소프트웨어의 기능 분리 문제는 정확한 해법이 있는 것은 아니며, 단지 최적화의 문제라고 할 수 있다.

이 밖에도 많은 임베디드 시스템들은 개발 단가의 민감성, 비표준화, 시장에서 유사 제품들 간의 무한 경쟁, 독점적 기술공통적인 문제점들을 내포하고 있다. 이처럼 상충되는 요구 사항들은 최적 임베디드 시스템 상품의 개발을 저해하는 요소로 작용하기도 한다. 특히 개발하고자 하는 임베디드 시스템을 위한 CPU 선택은 앞서 말한 하드웨어와 소프트웨어의 기능 분리 문제 또는 개발 도구 설정 문제 등에 직접적으로 영향을 준다. 어떤 CPU를 선택 하느냐에 따라서 하드웨어와 소프트웨어의 기능 분리나 개발 도구의 선택 폭에 제한을 받을 수도 있는 것이다. 하드웨어 및 소프트웨어의 기능 분리에 의한 설계가 완료되면 그 다음 단계는 분리 개발된 두 요소 기능을 통합하는 과정으로 이 또한 고난도의 개발 방법론과 개발 도구를 요구한다[4].

2.2. 메카트로닉스 시스템 적용

메카트로닉스(mechatronics)는 기계(mechanics)와 전자(electronics)의 융합기술로, 이들 기술을 응용해 어떤 목적에 적합한 시스템을 구성하는 기술이다. 최근에는 정보 처리기술을 포함하여 더욱 큰 의미로 메카트로닉스를 정의하기도 한다.

메카트로닉스 기술은 기계적 요소와 전자적 요소를 모두 포함하는 기술이기 때문에 종래의 아날로그방식으로 만들어진 메카트로닉스 시스템은 그 구성 회로 측면에서 디지털 방식으로 제작된 것보다 복잡한 구성으로 되어 있다. 따라서 종래의 아날로그적 메카트로닉스 시스템은 최근의 원가 절감과 생산성 향상의 측면에서 볼 때 무의미하다고 볼 수 있다. 최근에 들어서면서 마이크로프로세서와 그 주변 부품의 발전으로 인하여 이를 이용한 메카트로닉스 기술이 점점 발전하게 되었다. 특히 마이크로프로세서 주변 부품의 발전은 예전의 메카트로닉스 시스템 제품을 보다 소형화하는 데 큰 견인차 역할을 하였다. 종래의 아날로그 방법으로 제어되었던 구성품, 제품 및 장비들이 점점 디지털 방법으로 제어되면서 소프트웨어 기술과 밀접한 관계를 가지고 발

전하여 기계와 전자의 기술이 접목된 시스템이나 복잡한 제품 등에 대한 제어가 용이하도록 하였다. 따라서 메카트로닉스 기술이란 이러한 디지털 기술, 소프트웨어 및 기계 기술 등이 접합된 것이라고 할 수 있다.

메카트로닉스 시스템은 센서가 측정하여 얻어진 데이터를 컴퓨터가 계산, 판단, 지령하여 액추에이터의 구동으로 기구가 동작하게 되며, 전원은 에너지 공급을 분담한다.

본 연구에서는 이와 같은 메카트로닉스 시스템을 적용하여 그림 3과 같이 김 혼합물 농도 조절 시스템을 구성하였다. 광원을 발생시키는 IR LED Lamp와 농도를 검출하는 IR 센서를 통하여 얻어진 1차 영상 정보들을 바탕으로 실시간으로 김의 농도를 판단할 수 있는 임베디드 측정 시스템을 구축하고 그 정보를 바탕으로 원조 공급 밸브의 개폐를 자동으로 조절할 수 있는 구동시스템으로 개발하였다.

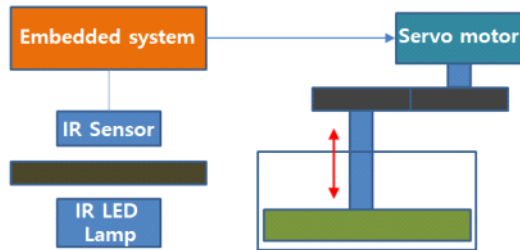


Fig. 3 Mechatronics system application

또한 김 혼합물 농도 조절을 위해 아날로그 상태 값을 임베디드 컴퓨터에 실시간 전송하여 함께 내장된 측정 및 제어 목적의 응용프로그램을 개발하였으며, 각각의 해당 채널의 서보 신호를 전송해 기 설정된 목적의 기능이 가능하도록 한 김의 농도를 측정하여 조절하는 액추에이터 장치를 개발하였다[5].

III. 개발 환경

마른 김 생산은 크게 3가지 과정으로 구분된다. 각반기, 초재실, 건조기로 이어지는 과정에서 마른 김의 품질인 정확한 중량 및 두께는 성형후 건조과정도 중요하지만 건조기로 들어가기 전 김 혼합 비율을 일정하게 하는 것이 전제 조건이 된다. 따라서 초재실 내에서 김 혼

합 비율은 마른 김 생산에 큰 영향을 끼친다. 김 혼합은 해수와 김의 혼합물로 구성된다. 김 혼합물 농도의 측정은 그림 4와 같이 좌측의 구조에서 LED가 빛을 발광하게 되며, 김 혼합물을 통과하여 우측의 포토센서를 통해 빛의 평균값을 측정하여 김 혼합물의 평균 농도 값을 측정한다[6][7].

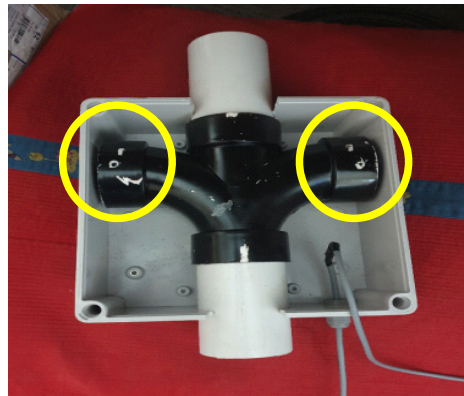


Fig. 4 Seaweed Mixture Concentration Sensor

포토센서를 이용한 김 혼합물 농도 조절 시스템 개발 환경은 그림 5와 같다. 김의 혼합물을 측정하기 위해 기존 반사거울을 이용한 작업자의 육안 검사 방식을 IR 센서와 임베디드 측정 시스템 등으로 구성된 자동 김 혼합물 농도 조절 시스템으로 대체하였다. 또한 작업자의 경험에 의한 수동 개폐 조절 밸브를 서보모터를 이용하여 실시간 자동 김 혼합물 조절장치로 대체하였다.

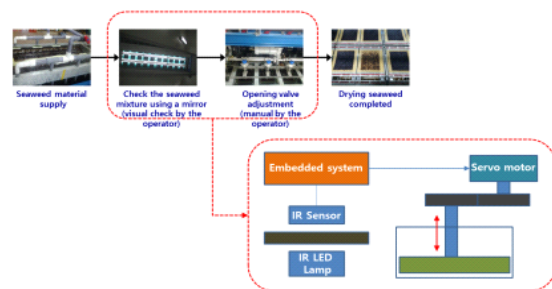


Fig. 5 Diagram of concentration control system for mixtures of seaweed

김 공장 작업자의 특성을 고려하여 김 혼합물 측정을 위해 산업용 임베디드 시스템을 적용하였다. 이러한 산업용 임베디드 시스템은 특정한 소프트웨어를 내장하

고 있어 미리 프래그램으로 정의된 작업을 수행하며, 범용 컴퓨터에 비해 조작이 간편하고 오류가 없어 사용 환경에 따른 불편을 최소화하는 장점이 있다.

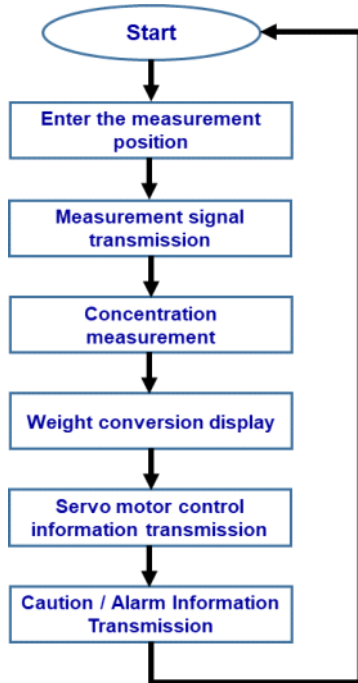


Fig. 6 Control flow chart of concentration control system for mixtures

IR 센서와 임베디드 시스템을 이용한 김 혼합물 농도 조절 시스템의 제어 흐름도는 그림 6과 같다. 이러한 공정을 통해 마른김 가공업체의 비효율성 유발 원인 중 하나인 마른김 중량 및 생산 속도 부조화를 해소할 수 있었다[8].

IV. 김 혼합물 농도 조절 시스템 구현

일반적으로 김 건조 장치에서 김의 혼합물 농도는 그림 7과 같이 김과 물의 혼합된 상태에서 일정한 크기의 형상을 가진 틀에 소정의 양을 투입해 물과 김을 분리하여 목적하는 김의 크기와 두께(무게)를 결정한다. 이는 그림 8과 같이 작업자가 직접 육안으로 확인하며 수동으로 김 혼합물 농도 조절 장치를 조정한다.

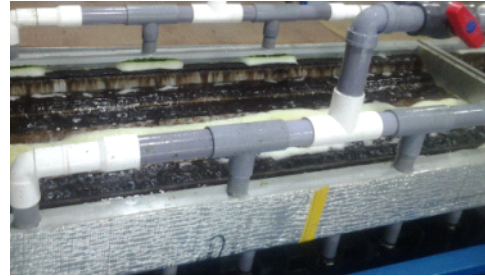


Fig. 7 Seaweed drying device

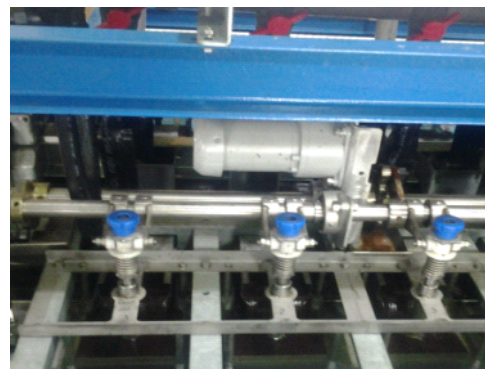


Fig. 8 Seaweed thickness control device

김 혼합물 농도 조절 장치는 일정한 광원을 발생할 LED Lamp와 영상을 검출하는 포토센서(IR 센서)로 구성되며, 이들의 영상 상태 값을 임베디드 컴퓨터에 실시간 전송하여 응용 프로그램을 통해 각각의 해당 채널의 측정값을 모니터에 나타낸다. 또한 채널별 액추에이터에서 서보 신호를 보내어 김의 혼합물 농도를 측정하게 된다.

이와 같이 일정한 김의 두께를 확인 후 김 혼합물 농도 조절 시스템에서 혼합물에 대한 농도를 측정하게 된다. 김 혼합물 농도 조절 시스템은 그림 9와 같이 디스플레이 및 원격제어장치로 구성된다.

그림 9의 김 혼합물 농도 조절 센서와 그림 10의 김 혼합물 농도 조절 디스플레이 및 원격제어장치를 연동하여 초재실에서 건조기로 넘어가기 직전의 김 혼합물의 농도를 측정하고 제어한다.



Fig. 9 Seaweed mixture concentration control display and remote control device



Fig. 10 Seaweed Mixture Concentration Sensor Operation

그림 10과 같이 실제 김 혼합물 농도 조절 시스템을 구현하였으며, 초재실에서 김 혼합물은 해수와 김을 섞어 농도를 조절하게 된다.

농도가 일정할 경우, 해수와 김이 동시에 나오게 되며, 농도가 낮을 경우, 김만 나와 전체 김 혼합물의 농도를 높게 된다. 또한 농도가 높을 경우, 해수만 나오게 하여 농도를 낮추는 역할을 한다.

구현 과정에서 몇 가지 문제점을 발견하였다. 이는 포토센서를 사용하다 보니 외부 광원의 노이즈 현상이 발생하였다. 하지만 본 연구에서 실제 구현하는 과정에서 이를 해결하였으며, 발생한 외부 광원의 노이즈를 차단하기 위하여 박스를 덮는 방식으로 외부 광원의 노이즈 제거하였다. 이후 실제 사용자의 경험으로만 알 수 있었던 김 혼합물의 농도를 광원의 평균값을 백분율로 수치

화하여 보다 정확한 김 혼합물의 농도 값을 측정 및 제어할 수 있었으며, 이는 마른 김 생산에서 품질에 가장 큰 영향을 미치는 항목인 중량 조절에서 큰 효과가 있는 것을 확인하였다. 또한 정밀한 데이터를 실시간으로 수집 저장함으로써 매년 겨울마다 반복되는 작업 환경에서 이전 연도의 데이터를 확인하여 보다 손쉽게 대처할 수 있게 되었다.

V. 결 론

본 연구에서 제안한 방법을 실제로 구현하여 김 혼합물 농도를 측정 및 제어하는 것을 직접 검증하였다. 작업자의 경험으로 계량한 김 혼합물의 농도를 광원의 평균값을 백분율로 수치화하여 보다 정확한 김 혼합물의 농도 값을 측정 및 제어하였으며, 이는 마른 김 생산에서 품질에 가장 큰 영향을 미치는 항목인 중량 조절에서 큰 효과가 있는 것을 확인하였다. 이러한 시스템을 현장에 보급하면 우리나라 현재 연간 단일 품목 1위 수출품인 마른 김의 생산이 늘어날 것으로 예상되며 높은 품질 또한 확보할 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] H. S. Jang, and J. H. Baek, "Gim Industrial Development Plan," *Fisheries Policy Laboratory*, KMI Issue Analysis no. 13, 2016.
- [2] Yonhap News. "Korean Seaweed, "Tall" as Global Food Breaking first \$ 500 million in exports (general)," 2017.
- [3] S. M. Yoo and K. H. Lee "Trends in Deep Learning Inference Engines for Embedded Systems," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 34, no. 4, pp.23-31, 2019.
- [4] H. S. Yang "The Reliability Evaluation Method of Embedded Controlled Systems Considering the International Standard," *Journal of digital convergence*, vol. 15, no. 2, pp.199-206, 2017.
- [5] H. Hanselmann, "Hardware-in-the-Loop Simulation as a Standard Approach for Development, Customization, and production Test," *SAE Technical Paper 930207*, 1993.
- [6] Y. K. Hwang, S. Y. Youn, and B. K. Lee, "Development of Thickness Measurement and Control Device," *Korean Society of Precision Engineering Autumn Conference*, 2018.

- [7] B. K. Lee, and J. H. Kim “Error Detection and Recovery Method of Embedded System,” *Journal of Engineering Technology*, Chosun University, vol. 6, no. 4, pp. 37-42, 2013.
- [8] H. J. Park, J. U. Kim and Y. S. Jang “A Study on the Management Efficiency of Laver Drying-processing Company,” *Journal of Fisheries Business Administration*, vol. 49, no. 1, pp. 37-50, 2018.



이배규(Bae-Kyu Lee)

조선대학교 전자공학과 공학박사
조선이공대학교 메카트로닉스 공학과 조교수
※관심분야: 임베디드 시스템 및 원격 제어



최정호(Jeong-Ho Choi)

고려대학교 사회환경시스템공학과 공학박사
광주과학기술연구원(GIST) 기전공학 Post-Doc
조선이공대학교 메카트로닉스공학과 겸임교수
※관심분야: 레이더 시스템 및 신호처리