

원격 제어 시스템을 이용한 마른 김 중량 조절 장치 개발

이배규¹ · 윤신요² · 최정호^{3*}

Development of Seaweed Weight Control Device Using Remote Control System

Bae-Kyu Lee¹ · Shin-Yo Youn² · Jeong-Ho Choi^{3*}

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

²Part Time Lecturer, Department of Mechatronics Engineering, Chosun College of Science & Technology, Gwangju, 61453 Korea

^{3*}Adjunct Professor, Department of Mechatronics Engineering, Chosun College of Science & Technology, Gwangju, 61453 Korea

요 약

우리나라에서 마른 김은 자동화 공정에 맞지 않은 방식을 그대로 사용 중에 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 마른 김 중량 조절 장치를 개량하였으며, 원격 제어 시스템과 기존의 마른 김 중량 조절장치를 전자기기화 하였다. 이는 사용자의 감각 경험에 의존하는 기존의 밸브를 이용한 마른 김 중량 조절 방식과 달리 정확하고 세밀한 장치로 구현하였다. 또한 원격 제어 시스템이기에 장치 위를 올라가지 않더라도 안전하게 마른 김을 생산할 수 있다. 이렇게 구현된 마른 김 중량 조절장치는 가파르게 성장하는 마른 김의 생산 및 수출 산업의 자동화 공정과 산업 성장에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

ABSTRACT

Korea's seaweed is using a method that is not suitable for the automated process and quality are significantly lower than the export volume of 20,000 tons or more. Therefore, in this paper, we improved the existing dry steaming weight control device and electronicized the remote control system and the existing dry steaming weight control device. This is implemented with precise and detailed device, unlike the dry seaweed weight control method using the conventional valve which depends on the user's feeling and experience. Also, because it is a remote control system, it can help to produce seaweed safely even if you don't climb on the machine. The Seaweed weight control device implemented is expected to contribute greatly to the automation process and industrial growth of the steeply growing dry laver production and export industry.

키워드 : 김, 원격 제어 시스템, 김 중량 조절 장치, 개회로 제어, 폐회로 제어

Keywords : Seaweed, Remote Control System, Seaweed Weight Control Device, Open-Loop control, Close-Loop control

Received 6 April 2020, Revised 11 April 2020, Accepted 14 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.2020.24.4.560>

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. 서론

우리나라에서 현재 단일 품목으로 가장 높은 수출액을 보이는 상품은 마른김 시장이다. 해양수산부는 2017년에 마른김 수출이 5억 달러를 이미 돌파했다고 발표를 하였으며, 2020년 기준 10억 달러를 목표로 마른김 생산에 박차를 가하고 있다. 국내의 경우, 마른김과 조미김을 중심으로 내수 및 수출시장이 형성되어 있으며, 조미김은 소금과 참기름을 기본으로 하여 국내 시장과 해외 시장을 주도하고 있다. 또한 일본의 경우, 마른김과 조미김을 기본으로 하여 일본 내 시장이 이루고 있으며, 특히 조미김은 간장과 설탕 조미를 중심으로 형성되어 있다.[1].

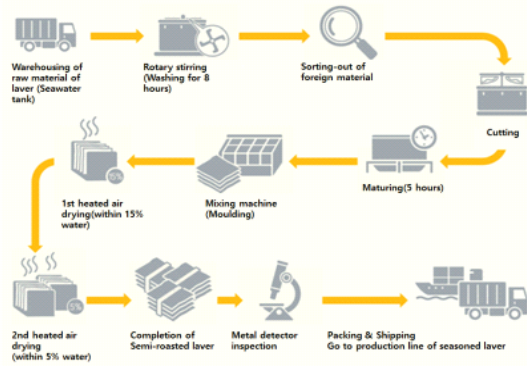


Fig. 1 Seaweed production schematic

마른김 생산의 과정은 그림 1과 같이 크게 각반과정, 초재과정, 건조과정의 3부분으로 나누어진다. 김과 해수로 이루어진 원초인 물김 자루를 짜는 각반과정, 이물질 선별하고 절단하고 그 후에 원초인 물김을 숙성하여 물김의 농도를 해수와 섞어 일정한 농도로 유지시키는 초재과정, 그 다음 건조과정 기계에 올려 마른김을 생산하기 위해 우리가 흔히 아는 사각형의 모양으로 김을 성형하는 건조과정기 있다. 그 뒤에 건조실로 들어가 최소 1시간 30분에서 2시간 30분의 시간이 소요된 뒤 건조과정 하단에서 마른김이 완성된다.

마른김 생산이 자동화 공정이 되면서 일본의 자동화 공정을 도입하였지만 소량, 고품질을 지향하는 일본과 달리 우리나라는 대량생산을 하면서도 고품질을 지향하고 있다. 이와 같은 차이 때문에 일본의 자동화 공정

을 그대로 국내 대량생산에 적용하면서 자연스럽게 품질 하락이 발생하게 되었다.

현재 마른김 생산 공장의 공장장 및 대표들은 30년 이상의 경력자들로 구성되어 있다. 이렇게 구성된 이유는 6개월 이상의 고된 노동과 바닷가에 위치한 마른김 생산 공장의 특성 때문이기도 하지만 주된 이유는 마른김을 생산하는 공정 중 가장 중요한 두 가지인 초재과정에서의 원초의 일정 농도 유지와 건조과정에서의 성형시 물김의 양으로 결정되는 마른김의 중량 및 두께 조절이 숙련된 경력자의 경험으로 생산되고 있기 때문이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 제어 기본 시스템과 서보 모터에 대한 적용 이론을 정리 하였고, III장에서는 개발 환경을 위해 마른김의 중량 및 두께를 결정하는 건조과정 위에서의 중량 조절 방법 기술하였으며, IV장에서는 마른김 중량을 조절하는 각 해당 채널의 액추에이터에서 서보 신호를 전송하는 마른김 중량 조절시스템을 구현하였다. 끝으로 V장에서 결론으로 구성하였다.

II. 적용 이론

제어공학은 물리적인 시스템이나 프로세스를 성능 사양, 모델링, 분석, 제어 측면에서 다루는 학문이다. 제어 기술은 단순 피드 백 증폭기에서부터 산업, 공학 등 다양한 시스템에 사용된다. 또한 주어진 시스템이 정해진 방법으로 운영하기 위한 동작을 시뮬레이션하고 각종 성능을 분석하여 설계하는 데에도 사용된다. 제어 시스템이 중요한 이유는 동적 시스템에서 최적의 성능을 제공하기 위한 것이 크지만 품질을 높이고 생산 비용을 절감해 줄 수 있기 때문이다. 이와 더불어 제어시스템은 반복적인 힘든 작업을 도와주고 유해한 환경과 제한된 상황을 극복하게 해주기 때문에 매우 중요하다.

제어시스템의 주요한 구성요소는 제어대상, 제어량, 조작량이다. 제어하려는 대상은 제어대상, 제어 대상에 관해 제어를 해야 하는 양을 제어량, 제어의 목적 달성을 위해 이용하는 것을 조작량이라 한다. 조작량 이외에 인간의 힘이 닿지 않는 제어량을 변화시키는 원인을 외란이라 한다. 또한 제어분야에서는 이것들을 블록 선도를 사용해서 간결하게 나타내며, 상자(블록)와 화살표를 이용하여 나타낸다. 즉, 외란과 조작량은 제어 대상

에 들어오는 방향으로 실선이 그려지고 제어량에는 제어 대상에서 나오는 방향으로 화살표가 그려지며 시스템에 관하여 입력과 출력이라는 용어도 사용하는 경우가 있는데 이것은 이 화살표의 방향에 관계된다.

제어시스템은 크게 개회로 제어시스템과 폐회로 제어시스템의 두 가지의 제어 형태로 구분된다. 피드백 제어는 컨트롤러가 항상 자기가 낸 제어 신호의 효과를 측정하면서 제어 신호를 결정해 가는 것으로 이와 같은 제어 시스템을 폐루프 제어 시스템(Closed Loop Control System)이라고 한다. 또, 제어량을 측정하여 다시 제어 신호의 결정에 이용하는 점에 착안해서 피드백 제어 시스템이라고도 한다. 반면, 피드 포워드 제어는 조작 방법을 미리 계산해 두고 컨트롤러에서 제어 신호를 보내어 계산대로 변화시키는 것을 말하며 개루프 제어 시스템(Open Loop Control System) 또는 피드 포워드 제어 시스템이라고 한다. 이 두 가지 제어 시스템의 구조는 가장 기본적인 구조라고 할 수 있다.

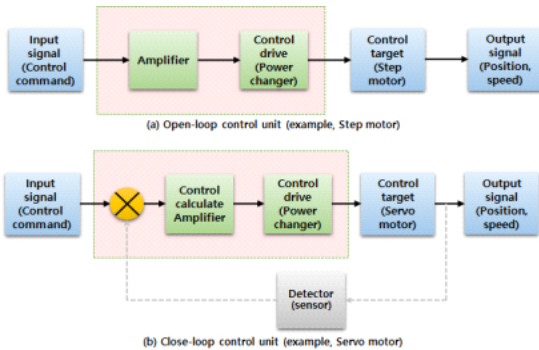


Fig. 2 The structure of Open-Loop control and Close-Loop control

개회로 제어와 폐회로 제어의 구성은 그림 2와 같다. 폐회로 제어는 제어 대상의 출력 상태로 부하 상태를 검출하여 이를 되먹임 하여 제어를 실시함으로 부하의 변동에 대하여 반응함으로써 제어의 오차를 줄일 수 있게 구성되어 있다[2][3].

현재 로봇에 많이 이용되는 것은 제어성 등이 뛰어난 DC 서보 모터이다. DC 서보 모터가 제어성에 있어 우수한 점은 첫째, 전기자 전류 i 와 토크 T 가 비례하는 선형제어계가 된다는 점이다. 둘째, 전기자 전류 i , 계자 자속 B 를 독립적으로 용이하게 제어할 수 있다는 점이다. DC 모터는 가감속시의 응답성이 좋고 소용량의 범위에

서는 저가격으로 제어장치의 구성을 간단하게 할 수 있으며, 입력과 중량에 대하여 출력을 크게 얻을 수 있다는 등의 장점이 있다.

한편, DC 서보 모터의 결점으로는 내환경성이 좋지 않으며, 마모가루가 생겨 청결성이 떨어지고, 브러시 주변의 보수가 필요하다는 점이 있다. 회전속도와 토크의 관계가 이상적인 경우라면 그림 3과 같이 전압이 일정하면 회전속도의 증가에 따라 토크는 직선적으로 감소한다. 또한 전압과 회전속도나 토크는 비례적인 관계가 있다. 따라서 부하토크를 알면 전압을 제어하는 것으로 회전속도를 제어할 수 있다. 실제로는 회전속도가 증가하면 전기자의 리액턴스에 의하여 특성이 1차 비례직선으로부터 굽은 형이 되고 회전속도가 감소하면 리플이 현저하게 생기는 경향이 있다. 서보 모터의 제어는 자동 제어이론이 상당부분 관계되어 적용된다.

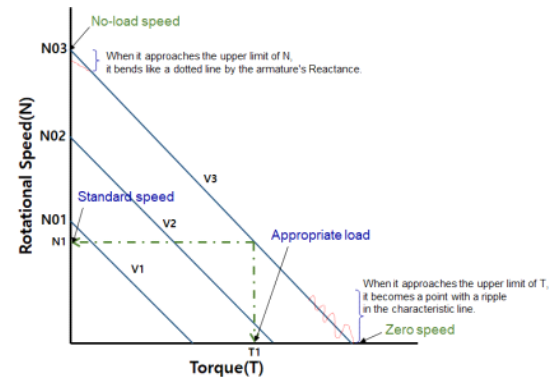


Fig. 3 Speed-Torque characteristics

서보 모터 제어 시스템의 배경이 되는 학문에는 자동 제어, 전력공학, 전자기기, 전자회로 등이 있다[4]

서보 시스템이란 말은 지령(command)에 따라 충실히 수행하는 시스템을 통칭한다. 이에 따라 서보시스템은 반드시 상위로부터 지령을 받아 동작하고, 받은 지령을 충실히 수행하기 위해 자체적인 피드백 제어시스템을 가지고 있다. 서보모터는 센서를 사용하여 피드백 제어를 통해 지령에 대하여 고속, 고정밀로 수행한다. 서보 모터 제어는 토크 제어, 속도 제어 그리고 위치 제어로 구분할 수 있으며, 각각의 제어는 기본적으로 폐회로 제어 구성을 가지고 있다. 모터 제어 제어를 통해 얻을 수 있는 것은 일정한 서보 모터의 회전력 및 반발력을 갖도록 제어하는 토크 제어, 서보 모터를 일정한 속도로

회전할 수 있도록 하는 속도 제어, 끝으로 원하는 회전 수와 위치에 정확하게 정지할 수 있는 위치 제어로 나눌 수 있다[5].

III. 개발 환경

다음 그림 4는 통상적인 마른김 건조과정의 중량 조절 장치이며, 그림 5는 김 중량 조절 장치의 내부 구성품을 나타낸다.

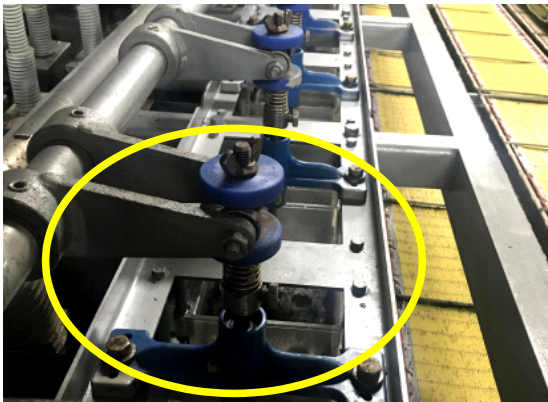


Fig. 4 Conventional seaweed weight control device

그림 4에서와 같이 기존의 방식은 오래된 경력의 공장장이나 김 공장의 대표들이 본인들의 경험으로 밸브를 조정하여 마른김의 중량을 조절한다.

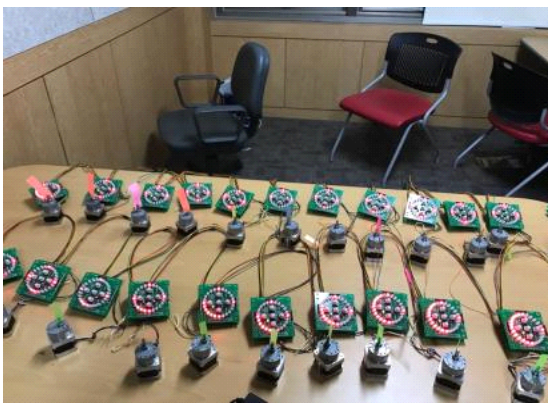


Fig. 5 Seaweed weight control device internal components

본 논문에서 구현한 마른김 중량 조절 장치는 자동화 공정에서 중요한 수동방식의 공정을 전자기기화하였다. 따라서 다음의 그림 6과 같이 기존의 손으로 밸브를 돌리는 방식과 달리 Open-Loop 제어 방식을 사용한 스텝모터를 장착하여 제어 시스템과 결합하였다. 사용자가 정하는 각도로 돌릴 수 있는 스텝 모터는 기존 방식과 달리 밸브의 회전을 수치화하여 보다 정확하고 빠른 마른김 생산 품질 향상을 가능하게 하였다.



Fig. 6 Changed seaweed weight control device

다음의 그림 7과 그림 8은 변경된 마른김 중량 조절 장치의 구성도와 3D 설계 도면이다.

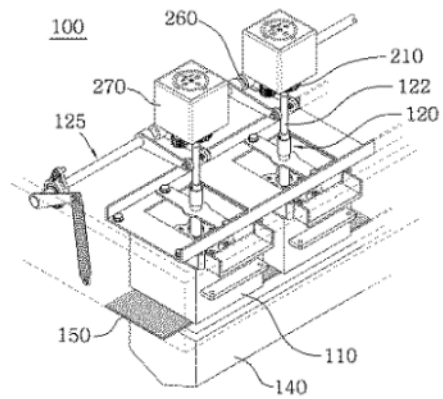


Fig. 7 Changed seaweed weight control device drawing

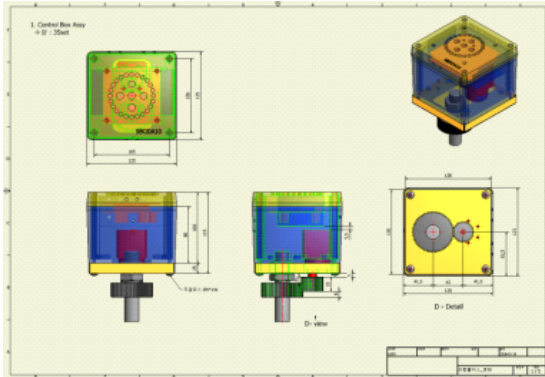


Fig. 8 Changed seaweed weight control device 3D design drawing

기존의 6각형 밸브를 전자기기화하여 360도를 24등분하여 1스텝에 15도가 움직이도록 구현하였다. 이는 보다 세밀한 조정이 가능하며, 마른김 중량 조절을 보다 정확하게 할 수 있게 한다.

또한 다음 그림 9와 같이 임베디드 시스템과 결합하여 시리얼 통신을 통한 원격 제어가 가능하게 함으로써 지상 2층 높이의 위험한 작업 환경에서도 벗어날 수 있도록 하였다. 이러한 공정을 통해 마른김 가공업체의 비효율성 유발 원인 중 하나인 마른김 중량 및 생산 속도 부조화를 해소할 수 있었다[6][7][8].

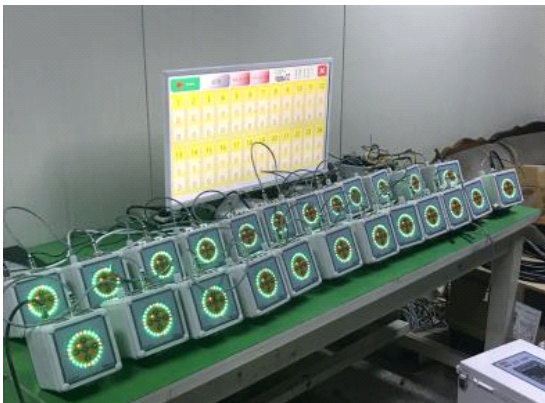


Fig. 9 Remote control system and seaweed weight control device

원격 제어 시스템을 이용한 마른 김 중량 조절 장치의 흐름도는 그림 10과 같다.

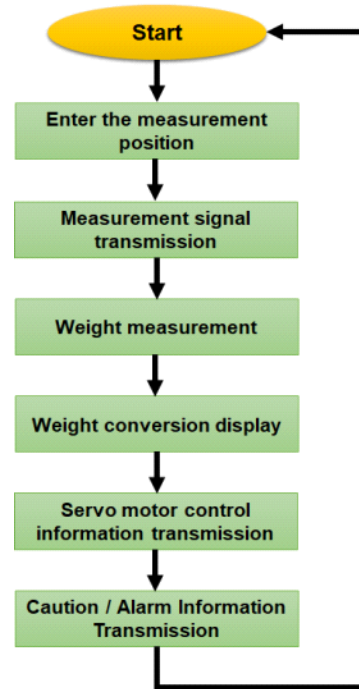


Fig. 10 Flow chart of seaweed weight control device using remote control system

IV. 마른김 중량 조절 시스템 구현

기존의 마른김 중량 조절 장치는 사용자에게 많은 경험을 요구하였다. 이것이 젊은 사람들의 진입을 힘들게 하였으며 기존의 마른김 생산에 있어서도 정확하고 세밀한 마른김 생산을 어렵게 하는 원인이 되었다. 또한 마른김 건조과정의 특성상 위 아래로 움직이는 지상 2층 높이의 기기에서 작업하는 위험이 있었다.



Fig. 11 Seaweed weight control device setting image

본 논문에서 구현한 마른김 중량 조절 장치는 원격 제어 시스템과 기존의 마른김 중량 조절장치를 전자기기 화하여 360도를 24등분한 15도씩 움직이는 정확하고 세밀한 장치로 변경하였으며, 원격 제어 시스템이기에 기기 위를 올라가지 않더라도 안전하게 마른김을 생산할 수 있게 되었다.



Fig. 12 Demonstration of remote control system and seaweed weight control device

그림 11은 본 논문에서 구현한 마른김 중량 조절 장치 설치 사진이며, 그림 12는 실제 원격 제어 시스템을 이용하여 마른 김을 생산하고 있는 그림이다.

V. 결 론

본 논문은 개량형 마른김 중량 조절 시스템을 구현 방법에 대하여 기술하였다. 제안된 시스템은 기존의 마른 김 중량 조절 장치에 비하여 지상 2층 높이의 움직이는 건조기에서의 작업의 안전성이 확보하였으며, 작업 속도 또한 단축시켰다. 또한 기존의 방식에 비해 실제 사용자의 경험만을 의존하지 않고 보다 정밀한 마른김 중량을 조절할 수 있게 한다. 이러한 시스템을 현장에 보급함으로써 현재 가파르게 성장하고 있는 마른김의 생산 및 수출 산업의 자동화 공정과 산업 성장에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

REFERENCES

[1] H. S. Jang, J. H. Baek, "Seaweed Industry Development

Plan," KMI Current Issue Analysis, Korea maritime institute, no. 13. 2016.

- [2] H. Hanselmann, "Hardware-in-the-Loop Simulation as a Standard Approach for Development, Customization, and production Test," SAE Technical Paper 930207, 1993.
- [3] H. Hanselmann, "Hardware-in-the-Loop Simulation as a Standard Approach for Development, Customization, and production Test of ECUs," SAE Technical Paper 931593, 1993.
- [4] W. K. Yeung, J. P. Li, K. He, Y. X. Luo, C. T. Kong, R. Du, "Control System Design for a New Servo Press," *Proceedings of th 17th World Congress The International Federation of Automatic Control*, pp. 5782-5787, 2008.
- [5] O.S. Kwon, H. Heo, and J. H. Kang, "Study on a Control Technique for Synchronization of Multi-Servo System," *The Korean Society of Manufacturing Process Engineers fall conference*, pp. 54-54, 2011.
- [6] Y. K. Hwang, S. Y. Youn, and B. K. Lee, "Development of Laver Thickness Measurement and Control Device," *Korean Society of Precision Engineering Autumn Conference*, 2018.
- [7] 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.
- [8] B. K. Lee, Seaweed Molding Thickness Adjusting Device and Adjusting Method, Patent(10-2018-0125263), 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



윤신요(Shin-Yo Youn)

전남대학교 전기공학과 석사수료
조선이공대학교 자동화시스템과 시간강사
※관심분야: 신호 및 영상처리