

냉동컨테이너 온도 제어 알고리즘에 관한 연구

문영식* · 박신준 · 정준우 · 최형림 · 김재중

Temperature Control Algorithm for Reefer Container

Young-Sik Moon* · Shin-Jun Park · Jun-Woo Jung · Hyung-Rim Choi · Jae-Joo Kim

Intelligent Container R&D Center, Dong-A University, Busan, 49315, Korea

요 약

국내에서 생산되는 신선농산물은 현재 정부의 보조금 지원을 받으며 비싼 항공운송을 이용하여 해외로 수출되고 있다. 하지만 2023년부터 정부의 보조금 지급이 중단됨에 따라 저렴한 비용으로 많은 화물 운송이 가능한 해상운송을 이용할 필요가 있다. 신선농산물의 해상운송에는 냉동컨테이너가 사용되는데 현재 냉동컨테이너는 화물 적재부 내부 온도편차가 크게 발생하여 운송 중 신선화물의 부패 등에 따른 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 냉동컨테이너 내부 온도를 일정하게 유지하며, 편차를 최소화 할 수 있는 냉동컨테이너 온도 제어 알고리즘을 개발하였다. 개발한 알고리즘을 참외 싱가포르 해상운송 경로에 적용하여 그 기능을 검증하였다. 검증 결과 설정온도 4.0°C를 기준으로 최대 0.5°C이내에서 화물 적재함 내부 온도가 유지되는 것을 확인 할 수 있었다.

ABSTRACT

Fresh agricultural product in Korea are currently being exported overseas through expensive air transportation, supported by the governments's farm export subsidies. However all members of the World Trade Organization(WTO) must halt government subsidies by 2023. Accordingly, it is necessary to use marine transport capable of carrying freight at low cost. Reefer containers are used for marine transportation of fresh produce but it have a problem due to the temperature difference inside the reefer container which causes of fresh cargo and drop in freshness during sea transportation. In order to solve the problem, we developed a temperature control algorithm for reefer container that maintain a constant temperature and minimizes the deviation inside reefer container. The result showed that the maintained a constant temperature within a maximum of 0.5 °C based on the set-point of 4.0 °C inside reefer container.

키워드 : 냉동컨테이너, 신선농산물, 해상운송, 온도 조절 알고리즘

Key word : Reefer container, Fresh product, Maritime transportation, Temperature control algorithm

Received 25 August 2017, Revised 29 August 2017, Accepted 20 October 2017

* Corresponding Author Young-Sik Moon(E-mail:tambagu@dau.ac.kr, Tel:+82-51-200-5606)

Intelligent Container R&D Center, Dong-A University, Busan, 49315, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.12.2380>

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

국내에서 생산된 신선농산물은 현재 정부의 해외운송 보조금을 받으면서 비싼 항공운송을 통해 해외로 수출되고 있다. 정부는 국내에서 생산된 신선농산물의 수출을 계속해서 장려하고 있지만 국제적 협의에 의해 2023년 정부에서 해외운송 보조금 지원을 중단할 계획이어서 이에 대한 대책마련이 시급하다[1, 2]. 비싼 항공운송의 대안으로 대량의 신선농산물을 한 번에 이동할 수 있는 해상운송을 들 수 있는데, 국내에서 미국으로 수출하는 40ft 컨테이너 화물을 기준으로 했을 때 운송비를 1/10 수준으로 줄일 수 있기 때문이다.

하지만 신선농산물의 컨테이너를 이용한 해상운송을 위해서는 장기간 선박을 통해 운송되는 컨테이너 내부 온도 편차를 최소화하고, 온도를 일정하게 유지시키는 기술이 필요하다[3, 4]. 현재 냉동컨테이너를 이용하여 해상운송 중 컨테이너 내부 온도를 일정하게 유지시켜주고 있지만, 온도 유지를 위한 온도 센서가 화물 적재부 외부에 위치하고 있어 화물 적재부 내부 온도를 정확하게 감지하지 못하고, 냉동유닛과 컨테이너 문 부분의 온도 편차가 약 3℃ 이상 크게 나타나고 있다[5].

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 냉동컨테이너 화물 적재부 내부에 복수의 온도센서를 부착하고, 화물적재부에서 수집한 온도를 바탕으로 냉동컨테이너 내부 온도를 유지시킬 수 있는 온도조절 알고리즘을 개발하였다. 또한 개발한 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 국내에서 싱가포르까지 운송되는 참외를 대상으로 실증실험을 실시하여 그 결과를 분석하였다.

본 논문은 2장에서 냉동컨테이너 상태 모니터링 및 제어가 가능한 시스템을 소개하고, 3장에서 자동 온도 조절 알고리즘을 소개한다. 4장에서 실증 테스트를 진행하여 개발한 알고리즘의 성능을 검증한 후 5장에서 결론을 맺는다.

II. 냉동컨테이너 상태 제어 시스템

본 연구에서 사용된 냉동컨테이너 상태제어 시스템은 그림 1과 같이 냉동컨테이너 냉동유닛 컨트롤러함체 내부에 장착되어 냉동컨테이너의 동작 상태정보 및 위치 정보를 수집하고 냉동컨테이너를 제어 가능한 냉동

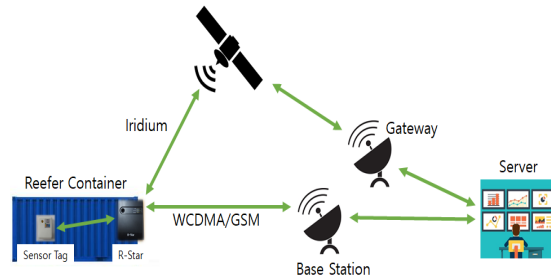


Fig. 1 Monitoring System for Reefer Container

컨테이너 상태정보 수집·제어 장치와 화물 적재부 내부에 부착되어 화물 적재부 내부 온도를 실제 수집하는 센서 태그 및 냉동컨테이너의 운송현황을 사용자에게 제공해 주는 실시간 상태정보 모니터링 서버로 구성된 다[6, 7].

2.1. 냉동컨테이너 상태정보 수집·제어 장치

냉동컨테이너 상태정보 수집·제어 장치는 냉동컨테이너 냉동유닛과 Serial 통신을 통해 냉동유닛의 설정온도, 공급온도, 순환온도 등 온도 정보와 냉동유닛의 알람정보를 수집한다. 그리고 화물 적재부 내부에 위치한 복수의 센서 태그와 RF 통신하며 화물 적재부 내부 온도/습도 정보를 수집한다. 또한 GPS를 이용하여 위치정보를 수집하고 이를 운송 위치에 따라 WCDMA /GSM, Iridium, Wi-Fi 등 통신을 이용하여 서버로 수집한 냉동컨테이너 상태정보를 전송한다. 냉동컨테이너 상태정보 수집·제어 장치는 실시간 상태정보 모니터링 서버로부터 관리자가 원격 제어한 설정 및 센서 태그에서 수집한 온도 정보를 바탕으로 자동 조절 알고리즘을 통해 내부 온도를 자동으로 조절한다.

2.2. 센서 태그

동아대학교 지능형컨테이너연구센터에서 직접 개발한 센서 태그는 냉동컨테이너 화물 적재부 내에 부착되어 정해진 주기에 따라 화물 주변 온도 및 습도를 수집하여 냉동컨테이너 냉동유닛 컨트롤러 함체 내부에 설치되어 있는 냉동컨테이너 상태정보 수집·제어 장치에 RF통신을 이용하여 정보를 전송한다. 이때, 시분할 방식을 이용하여 하나의 냉동컨테이너 상태정보 수집·제어 장치를 이용하여 최대 16개의 센서 태그로부터 온도 및 습도 정보를 수집할 수 있다. 또한 센서 태그의 온

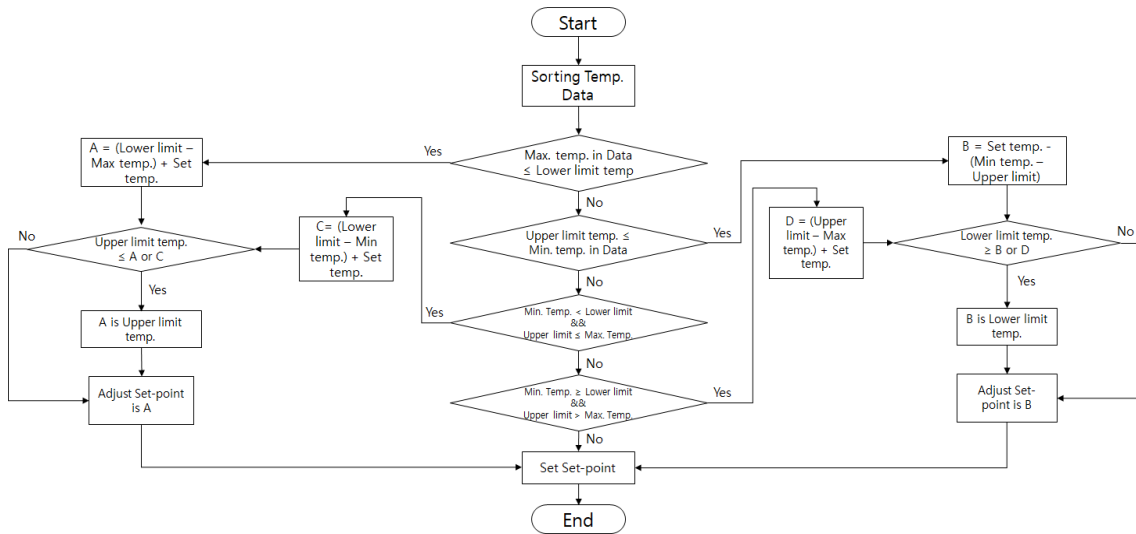


Fig. 2 Algorithm of Controlling Temperature for Reefer Container

습도 센서는 Sensirion사의 센서를 사용하여 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 이내의 정확도를 확보하였으며, USB 인터페이스를 통해 내부에 기록한 로그 확인 및 배터리 충전을 통해 재사용이 가능하다.

2.3. 실시간 상태정보 모니터링 서버

실시간 상태정보 모니터링 서버는 냉동컨테이너 상태정보 수집·제어 장치에서 전송해 오는 정보들을 수신하는 미들웨어(Middleware)와 정보를 저장하는 데이터베이스(Data Base), 사용자들에게 냉동컨테이너 운송정보를 제공하기 위한 웹 프로그램으로 구성된다.

미들웨어는 냉동컨테이너 상태정보 수집·제어 장치에서 냉동컨테이너 정보를 수신하고 정상적으로 정보를 수신하였다는 ACK(Acknowledgement)를 전송하며, 운송중인 냉동컨테이너의 원격 설정이 가능하다.

III. 냉동컨테이너 온도제어 알고리즘

본 연구에서는 II장에서 소개한 냉동컨테이너 상태제어 시스템을 이용하여 해상운송 중인 냉동컨테이너 내부 온도 편차를 줄이기 위한 냉동컨테이너 온도제어 알고리즘을 개발하였다.

개발한 온도제어 알고리즘은 냉동컨테이너 화물 적

재부 내에 부착한 복수의 센서 태그를 이용하여 실제 화물 적재부 내부 온도를 측정하고, 이를 기준으로 냉동컨테이너 냉동유닛을 제어하여 냉동컨테이너에서 설정한 온도와 화물 적재부 내부 실제 온도 간의 오차 및 화물 적재부 내부 온도 편차를 줄여 신선화물의 신선도를 오래 유지하도록 하는데 목적이 있다.

3.1. 온도제어 알고리즘 수행 환경

본 연구에서 개발한 온도제어 알고리즘을 수행하기 위해서는 복수의 센서 태그가 냉동컨테이너 화물 적재부 내부에 부착되어야 하며, 냉동컨테이너 상태정보 수집·제어 장치를 통해 냉동컨테이너 냉동유닛을 제어할 수 있어야 한다.

3.2. 온도제어 알고리즘

본 연구에서 개발한 온도제어 알고리즘은 냉동컨테이너를 이용하여 신선화물을 해상운송하는 과정에서 적정 보관온도를 유지할 수 있도록 개발되었다. 온도제어 알고리즘 수행을 위해서는 신선화물의 적정보관 온도, 저온장애 온도, 고온장애 온도 정보가 필요하다.

이러한 정보를 바탕으로 온도제어 알고리즘은 ①기준온도, 하한 및 상한 온도 선정 단계, ②화물 적재부 내부 최고, 최저 온도 확인 단계, ③냉동유닛 제어 여부 판단 단계, ④냉동유닛 제어 단계 등 4단계로 구성된다.

3.2.1. 기준온도, 하한 및 상한 온도 선정 단계

냉동컨테이너 화물 적재부 내부 온도를 제어하기 위한 온도를 계산하는 단계로 관리자가 저온장애 온도, 고온장애 온도, 적정 보관온도를 설정하는 단계이다. 이는 신선화물의 저온장애 및 고온장애를 예방하기 위해 저온장애 온도를 하한온도로, 고온장애 온도를 상한온도로 선정하며, 적정 보관온도는 냉동컨테이너 화물 적재부 내의 기준온도로 사용된다.

3.2.2. 화물 적재부 내부 최고, 최저 온도 확인 단계

화물 적재부 내부에 복수개 부착된 센서 태그를 이용하여 수집한 화물 적재부 내부 온도를 정렬하여 화물 적재부 내부 온도 편차 및 화물 적재부 내부 최고 온도와 최저 온도를 확인한다.

3.2.3. 냉동유닛 설정온도 변경 여부 판단 단계

센서 태그를 이용하여 확인한 화물 적재부 내부 최고, 최저 온도와 앞서 계산한 하한 및 상한 온도를 비교하여 냉동유닛 제어 여부를 판단한다. 이때 가장 중요한 것은 신선화물이 저온장애 또는 고온장애 온도에 노출되는 것을 예방하는 것이다.

냉동유닛의 설정온도 변경 여부는 5가지 조건에 따라 결정된다. 그림 2는 냉동컨테이너 온도제어 알고리즘을 나타낸다.

먼저, 수집된 센서 태그의 온도값을 정렬하여 최저온도와 최고온도를 수집한다. 조건 1~4는 수집된 센서 태그들의 온도가 하한온도와 상한온도 범위를 벗어난 경우이다.

조건 1에서는 최고온도가 하한온도 이하인 경우 그림 2의 A를 구한다. A가 상한온도 보다 낮을 경우 A를 설정온도로 정하고 높을 경우 상한온도를 설정온도로 정한다.

조건 2에서는 최저온도가 상한온도 이상인 경우 그림 2의 B를 구하고, B가 하한온도 보다 높을 경우 B를 설정온도로 정하고 낮을 경우 하한온도를 설정온도로 정한다.

조건 3에서는 최저온도가 하한온도 미만이고 최고온도가 상한온도 이하인 경우 그림 2의 C를 구한다. C가 상한온도 보다 낮을 경우 C를 설정온도로 정하고 높을 경우 상한온도를 설정온도로 정한다.

조건 4에서는 최저온도가 하한온도 이상이고 최고온

도가 상한온도 초과인 경우 그림 2의 D를 구한다. D가 하한온도 보다 높을 경우 D를 설정온도로 정하고 낮을 경우 하한온도를 설정온도로 정한다.

조건 5는 최고온도와 최저온도가 상한온도와 하한온도 이내이므로 기준온도를 설정온도로 정한다.

조건 1과 3의 경우 화물 적재부 내부 온도가 하한온도보다 낮을 때 화물 적재부 내부 온도를 높이기 위해 선택되고, 조건 2와 4의 경우 화물 적재부 내부 온도가 상한온도 보다 높을 때 화물 적재부 내부 온도를 낮추기 위해 선택된다.

3.2.4. 냉동유닛 제어 단계

앞서 3.2.3에서 판단한 결과에 따라 냉동컨테이너 상태정보 수집·제어 장치를 이용하여 냉동컨테이너 냉동유닛의 설정온도를 자동제어 한다. 그림 2의 알고리즘에 따라 기준온도를 바탕으로 냉동유닛의 설정온도(Set-point)를 변경한다.

IV. 실증 테스트

4.1. 실험 환경

본 연구에서는 III장에서 소개한 냉동컨테이너 온도 제어 알고리즘의 검증에 위해 실증 테스트를 진행하였다. 2017년 6월 16일부터 약 13일간 경북 성주에서 출발하여 싱가포르 물류창고까지 운송되는 해상운송 구간에서 신선화물인 참외를 적재한 20ft 냉동컨테이너를 대상으로 실제 수출환경에서 테스트를 진행하였다.

실증 테스트를 위해서 그림 3과 같이 냉동컨테이너 정보수집·제어 장치 1개(세모 표시)와 센서 태그 16개(네모 표시, 하단 녹색, 상단 파란색)를 사용하였다.

참외의 적정 보관 온도인 3~5℃를 유지하기 위해 냉동컨테이너의 설정온도(Set-point)는 4.0℃로 설정하고,

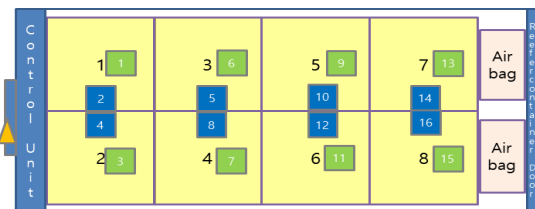


Fig. 3 Device attachment position

저온장에 온도를 3.0℃, 고온장에 온도를 6.0℃로 설정하였다.

이번 실증 테스트를 진행함에 있어 먼저 화물 적재부 내부에 센서 태그를 부착하여 화물 적재부 내부 위치에 따른 온도 편차를 확인 하는 실험을 진행하였다. 또한 수집한 센서 태그의 온도 정보를 바탕으로 냉동컨테이너 온도제어 알고리즘을 적용하여 화물 적재부 내부 온도가 어떻게 유지되는지를 확인하였다. 추가로 실증 테스트를 진행하면서 냉동컨테이너 글로벌 해상운송 경로 확인 기능을 함께 검증하였다.

4.2. 컨테이너 내부 위치별 온도 확인

2017년 6월 16일부터 2017년 6월 28일까지 경북 성주에서 싱가포르로 운송하는 참외 화물이 적재된 20ft 냉동컨테이너 화물 적재부 내부에 부착한 16개의 센서 태그에서 5분단위로 수집한 약 1,690개의 온도 값을 정리한 결과는 표 1과 같다.

표 1을 분석해 보면 3일간의 국내 육상운송 중에는 냉동컨테이너 화물 적재부 온도가 높은 것으로 확인되는데 이는 냉동컨테이너가 예냉이 되지 않은 상태에서 화물 적입 후 냉동컨테이너 내부 온도를 낮추는 과정과 컨테이너터미널에서 컨테이너 핸들링 과정에서 전원 공급이 차단되어 일부 구간에서 온도가 상승하였기 때문이다. 운송 구간 중 대부분을 차지하는 10일간의 해상운송 구간에서는 설정온도 4.0℃를 기준으로 최대 0.5℃ 이내에서 온도를 유지하는 것으로 확인되었다.

전체 운송 구간에서 냉동컨테이너 화물 적재부 내부 위치에 따른 온도편차는 1.2℃ 발생하는 것을 확인하였으며, 해상운송 구간을 기준으로 하면 0.5℃ 이내의 편차가 발생하는 것을 확인 하였다.

냉동컨테이너 정보수집·제어 장치를 통해 확인한 냉동유닛의 온도 정보를 살펴보면 냉동컨테이너 화물 적재부로 공급되는 공급온도(Supply Temp.)는 전체 운송 구간에서 평균 4.2℃이며, 해상운송 구간에서는 4.0℃로 확인 되었다. 냉동컨테이너 화물 적재부를 순환한 후 공기의 순환온도(Return Temp.)는 전체운송 구간에서 평균 5.9℃이며, 해상운송 구간에서는 4.7℃로 확인 되었다.

냉동컨테이너 정보수집·제어 장치에서 수집한 온도 값과 실제 화물 적재부 내부에 부착한 센서 태그들에서 수집한 온도 값을 비교해보면 2017년 6월 17일 오전 11

Table. 1 Temperature by transport location(unit: ℃)

	Intermodal	Local	Maritime
Sensor Tag #1	4.6	5.6	4.3
Sensor Tag #2	4.3	4.5	4.2
Sensor Tag #3	4.7	5.9	4.3
Sensor Tag #4	4.1	4.2	4.0
Sensor Tag #5	4.3	4.5	4.3
Sensor Tag #6	5.0	6.6	4.4
Sensor Tag #7	4.6	5.9	4.2
Sensor Tag #8	4.1	4.2	4.0
Sensor Tag #9	5.0	6.9	4.4
Sensor Tag #10	4.5	4.3	4.3
Sensor Tag #11	4.7	6.1	4.3
Sensor Tag #12	4.2	4.4	4.2
Sensor Tag #13	5.3	7.4	4.5
Sensor Tag #14	4.3	4.5	4.2
Sensor Tag #15	5.2	7.5	4.5
Sensor Tag #16	4.2	4.4	4.2

시 40분경 해상운송 구간에서 냉동컨테이너의 공급온도가 4.0℃일 때 화물 적재부 하단에 부착된 센서 태그들의 평균 온도는 4.3℃이며, 화물 적재부 상단에 부착된 센서 태그들의 평균 온도는 4.5℃로 확인되었다.

4.3. 냉동컨테이너 온도제어 알고리즘 동작 테스트

온도제어 알고리즘을 확인한 결과 그림 4과 같이 냉동컨테이너 내부 온도가 일정하게 유지된 해상운송 구간에서는 온도제어 알고리즘에 의한 냉동컨테이너 설정온도 변경이 발생하지 않았으나, 국내 육상운송 구간에서는 냉동컨테이너 화물 적재부 내부 온도를 빨리 낮추기 위해 냉동컨테이너의 설정온도를 하한온도인 3.0℃로 자동으로 변경 설정되는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 그림 4의 ①~⑥으로 표시한 구간에서는 컨테이너 터미널에서 냉동컨테이너 핸들링 과정에서 전원 공급차단에 의한 일시적인 온도 상승에 반응하여 설정온도가 3.2℃등으로 자동으로 변경되어 냉동컨테이너 내부 온도를 기준온도인 4.0℃에 가깝게 유지하였다.

본 연구에서 개발한 냉동컨테이너 온도제어 알고리즘을 적용 결과를 분석해 보면, 참외의 적정 보관온도인 기준온도 4.0℃를 기준으로 20ft 냉동컨테이너 화물 적재부 내부에서 센서 태그를 이용해 수집한 온도와의 편차는 최대 0.5℃, 냉동컨테이너 컨트롤 유닛에서 측정된 순환온도를 기준으로 최대 0.7℃의 온도 편차가 발생하는 것을 확인하였다.

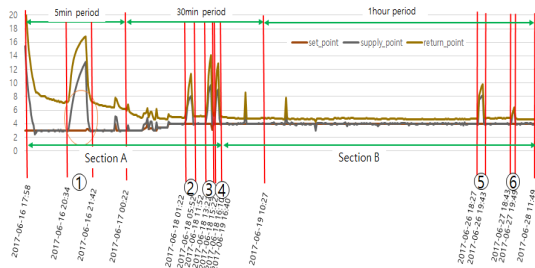


Fig. 4 Temperature data for Reefer container, 2017

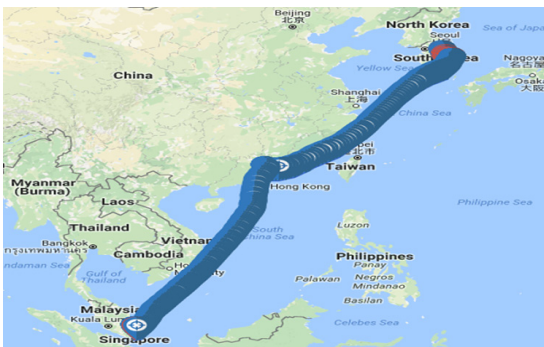


Fig. 5 GPS Location from Korea to Singapore

4.4. 냉동컨테이너 실시간 위치 추적 결과

그림 5는 경북 성주에서 싱가포르까지 참외를 해상 운송으로 수출하는 구간을 실제 수집된 GPS 정보를 바탕으로 모니터링 서버에서 표시한 화면이다. 국내에서 출발하여 홍콩을 거쳐 싱가포르 까지 운송되는 전체 경로를 빠짐없이 확인 하였다.

V. 결 론

국내에서 생산되는 신선농산물의 수출확대를 위해 저렴한 가격으로 대량의 신선농산물을 운송할 수 있는 해상운송이 도입될 필요가 있다. 하지만 현재 신선농산물의 해상운송에 사용되는 냉동컨테이너는 컨테이너 내부 온도 편차가 크게 발생하여 운송중 신선농산물의 상품성이 떨어지는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 냉동컨테이너 냉동유닛과 연동하여 냉동컨테이너 화물 적재부 온도 편차를 최소화하고, 기준 온도를 유지시켜주는 냉동컨테이너 온도제어 알고리즘을 개발하였다.

개발한 알고리즘을 국내에서 싱가포르로 운송되는 실제 해상운송 구간에 적용하여 개발한 알고리즘을 검증하였다. 검증결과 운송기간 중 대부분을 차지하는 해상운송 구간에서 기존 냉동컨테이너 화물 적재부 내부 온도 편차인 약 3.0℃보다 적은 0.5℃ 내외의 온도 편차를 보이는 것을 확인 할 수 있었다.

향후 연구과제로 냉동컨테이너 화물 적재부 온도 변화 추이를 반영하여 개발한 알고리즘 고도화에 대한 연구와 현재 16개 부착한 센서 태그의 최적 부착위치에 대한 연구를 진행하여 최소한의 센서 태그를 이용하여 냉동컨테이너 내부 온도 편차를 확인 할 수 있는 추가 연구가 진행될 필요가 있다. 또한 냉동컨테이너가 외부로부터 전원을 공급 받지 못 하면 본 논문에서 제안하는 냉동컨테이너 온도 제어 알고리즘을 활용할 수 없으므로, 냉동컨테이너 화물 적재함 내부 온도를 일정하게 유지시킬 수 있는 장치 및 방법에 대한 연구가 진행될 필요가 있다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by Export Promotion Technology Development Program(Development of shelf-life extension technology of fresh agricultural products for exports by sea transportation), Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(No.315 088-2)

REFERENCES

- [1] J. O. Yang, "Promoting of Creation Agricultural base on Science and Technology, Ministry of Agriculture," Food and Rural Affairs(MAFRA), I0114-14-1016, December 2013.
- [2] H. O. Lee, "Technology related to cold chain of agriculture products and latest technology development trend," *Magazine of the SAREK*, vol.45, no.2, pp.16-22, Feb. 2016.
- [3] G. S. Han, "A Study Situation Analysis and Improvement Strategies for Logistics System of Perishable Foods in Korea," *Korean journal of food marketing economics*, vol.27, no.2, pp.67-104, February 2010.

- [4] J. W. Choi, J. H. Lee, H. J. Lee, K. J. Son, Y. P. Hong, "Effect of Precooling and Functional Film Packaging on Postharvest Quality of Oriental Melon," *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, vol.2014, no.5, pp.98-98, May 2014.
- [5] G. S. Jung, and J. G. Kim, "Development of shelf-life extension technology of fresh agricultural products for exports by sea transportation," Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 315088-2, December 2016.
- [6] Y. S. Moon, J. W. Jung, S. P. Choi, T. H. Kim, B. H. Lee, J. J. Kim, and H. L. Choi, "Real-time Reefer Container Monitoring System based on IoT," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.19, no.3, pp. 629-635, May 2015.
- [7] S. P. Choi, J. W. Jung, Y. S. Moon, T. H. Kim, B. H. Lee, J. J. Kim, H. L. Choi, and E. K. Lee, "Development of Reefer Container Real-time Management System," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 12, pp.2917-2923, Dec. 2015.



문영식(Young-Sik Moon)

동아대학교 경영정보학과 경영학박사
동아대학교 지능형컨테이너연구센터 선임연구원
※ 관심분야 : 항만물류시스템, 컨테이너 모니터링시스템, M2M통신, 콜드체인



박신준(Shin-Jun Park)

부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사
동아대학교 지능형컨테이너연구센터 선임연구원
※ 관심분야 : 항만물류시스템, 컨테이너 모니터링시스템



정준우(Jun-Woo Jung)

동아대학교 컴퓨터공학과 공학석사
동아대학교 지능형컨테이너연구센터 연구원
※ 관심분야 : 컨테이너 보안 장치, 임베디드 시스템



최형림(Hyung-Rim Choi)

KAIST 경영과학과 경영과학박사
동아대학교 경영정보학과 교수
※ 관심분야 : 항만물류시스템, RFID/USN



김재중(Jae-Joong Kim)

서울대학교 토목공학과 공학박사
동아대학교 항만-물류시스템학과 교수
※ 관심분야 : 항만계획, 항만운영, 항만물류시스템