



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

물류학석사 학위논문

냉동 컨테이너 모니터링 시스템 분석

A Study on the Monitoring Systems of Reefer Containers



지도교수 남기찬

2018년 2월

한국해양대학교 해양금융·물류대학원

해운항만물류학과

양서빈

本 論文을 양서빈의 物流學碩士 學位論文으로 認准함.

위원장 김 시 현 (인)

위 원 신 재 영 (인)

위 원 남 기 찬 (인)

2017 년 12 월 14 일

한 국 해 양 대 학 교 해 양 금 용 · 물 류 대 학 원

목 차

List of Tables	ii
List of Figures	iii
Abstract	iv
제 1 장 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 내용 및 방법	2
제 2 장 이론적 고찰	5
2.1 냉동 컨테이너의 의미	5
2.2 냉동 컨테이너의 작동 원리	6
2.3 선행연구 고찰	11
제 3 장 냉동 컨테이너 현황 및 모니터링 사례분석	13
3.1 부산항 냉동 컨테이너 물동량 현황	13
3.2 부산항 냉동 컨테이너 시설 및 장치능력 현황	17
3.3 냉동 컨테이너 모니터링	19
제 4 장 RCM 시스템 분석	26
4.1 자료 수집	26
4.2 일반현황 분석	28
4.3 고장 특성 분석	32
4.4 일원매치분산분석	37
4.5 시사점 및 개선방안	40
제 5 장 결론	41
참고문헌	43

List of Tables

Table 1 선행연구 정리	12
Table 2 부산항 냉동 컨테이너 물동량 추이	14
Table 3 부산항 냉동 컨테이너 물동량 추이	15
Table 4 부산항 터미널별 리셉터클 현황	17
Table 5 냉동 컨테이너 장치장 하역능력 산정식	17
Table 6 부산항 터미널별 냉동 컨테이너 하역능력 대비 처리비율	18
Table 7 자료 형태	27
Table 8 알람 발생 및 조치 시간대별 분포	28
Table 9 품목별 발생 빈도	29
Table 10 알람 발생 원인 분포	30
Table 11 모니터링 장비 종류별 알람 빈도	30
Table 12 컨테이너 상태별 알람 발생 빈도	31
Table 13 알람 발생 후 조치 소요시간	31
Table 14 품목별 고장원인	32
Table 15 장비종류별 고장원인	33
Table 16 컨테이너 상태별 조치시간 분포	33
Table 17 고장 유형별 조치시간 분포	34
Table 18 장비 종류별 조치시간 분포	35
Table 19 품목별 조치시간 분포	36
Table 20 일원배치 분산분석 결과	39

List of Figures

Fig. 1	항만별 컨테이너 화물처리 실적(추이)	1
Fig. 2	연구의 흐름	4
Fig. 3	부산항 냉동 컨테이너 물동량 추	5
Fig. 4	메이커별 냉동 컨테이너	6
Fig. 5	냉동 컨테이너 냉각 개념도과정	7
Fig. 6	압축기 종류	8
Fig. 7	냉동 컨테이너 온도제어 개념도	10
Fig. 8	부산항 냉동 컨테이너 물동량 추이	13
Fig. 9	부산항 수출입 냉동 컨테이너 물동량 추이	14
Fig. 10	부산항 냉동 컨테이너 처리 비율	15
Fig. 11	부산항 북항 수출입 냉동 컨테이너 물동량 추이	16
Fig. 12	부산항 북항 수출입 냉동 컨테이너 물동량 추이	16
Fig. 13	4 Pole 방식 모니터링 시스템	20
Fig. 14	PCT 모니터링 시스템	21
Fig. 15	A사 GPS 장비	23
Fig. 16	A사 GPS 장비 모니터링 시스템 알람 예시	23
Fig. 17	B사 RCM 장비	24
Fig. 18	RCM 시스템 사용 구조	24
Fig. 19	B사 RCM 모니터링 시스템 알람 예시	25
Fig. 20	알람 발생 및 조치 시간대별 분포	29
Fig. 21	컨테이너 상태별 조치시간 분포	34
Fig. 22	고장 유형별 조치시간 분포	35
Fig. 23	장비 종류별 조치시간 분포	36
Fig. 24	품목별 조치시간 분포	37

A Study on the Monitoring Systems of Reefer Containers

Yang, Seo-Bin

Department of Shipping and Port Logistics,
Graduate School of Marine Finance and Logistics,
Korea Maritime and Ocean University

Abstract

Volume of reefer container has been increasing rapidly in international trade thanks to the increasing demand of fresh food products in line with changing of consumers' pattern. Accordingly, increasing attention has been paid to the performance of reefer containers and at the same time to the technology to maintain an appropriate temperature for the commodities inside containers. Particularly reefer container monitoring systems have been paid much more attention than ever before.

For temperature sensitive commodities, due to their inherent characteristics, it is very important to take an appropriate measures at the beginning stage when the reefer containers get some problems. The limitations of current monitoring systems, however, make it hard for operators to take required measures in short time period.

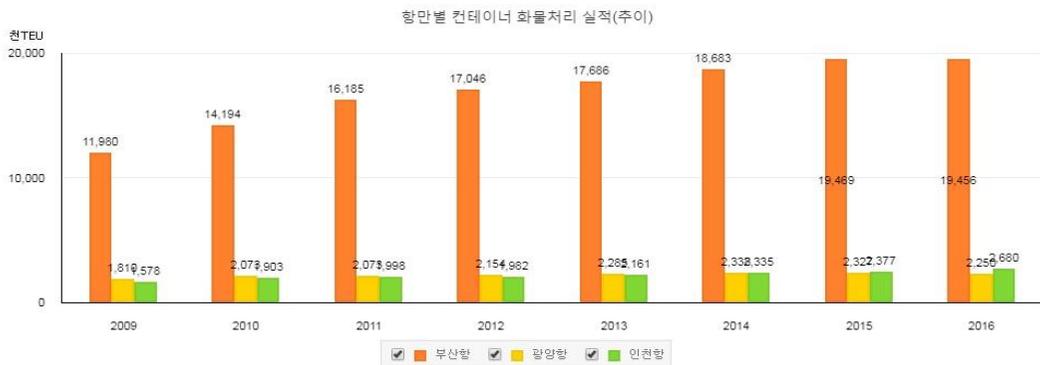
This study, therefore, aims at analysing the characteristics of reefer containers breakdown through the analysis of field data gathered from several shipping companies running the monitoring systems. For this the volume of reefer containers together with the facilities for accommodating reefer containers in Busan port, major reefer container monitoring systems implemented currently in Busan port and literature on this issue are considered.

KEY WORDS : Monitoring Systems, Reefer Containers, RCM Monitoring System, ANOVA Analysis, failure cause Analysis

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

부산항의 컨테이너 물동량은 부산신항 개장 이후 꾸준한 증가추세를 보여 왔으며 2016년 한진해운 사태의 여파로 인해 잠시 주춤하는 모습을 보였다. 그러나 부산항만공사(BPA)는 자체적으로 설정한 2,000만TEU의 물동량을 달성하기 위해 외국적 선사를 상대로 마케팅을 강화하고 남미, 중동 지역의 물량을 유치하는 등의 적극적인 마케팅 행보를 보이고 있어 부산항의 물동량은 앞으로도 증가 추세를 이어나갈 것으로 보인다. 증가하는 컨테이너 물동량을 처리하기 위해 현재 부산신항만 2-4단계가 공사 중에 있으며, 2-5단계를 구상 중에 있지만 이러한 계획들이 구체화되어 부산항의 컨테이너 터미널의 부담을 덜어주고 컨테이너의 순환을 원활케 하는 것은 아직 수년 뒤의 일이며 현시점에서는 포화상태에 다다른 각 컨테이너 터미널들이 자체적으로 경쟁력 제고에 대해 고민해 봐야 한다고 할 수 있다.



출처 : 국가지표체계 /www.index.go.kr

Fig. 1 항만별 컨테이너 화물처리 실적(추이)

컨테이너 터미널의 경쟁력을 저해하는 원인으로 여러 요소를 들 수 있겠지만 본 연구에서 중점적으로 다루고자 하는 것으로 냉동 컨테이너 가운데 데미지 컨테이너(이하 DMG 컨테이너)이다.

컨테이너에 결함이 발견되면 견적을 작성하여 선사에 보고하고 선사로부터 처리 여부에 관한 오더를 받아 수리에 이르는 과정을 거치게 되는데 위의 각 과정에서 소요되는 시간을 단축할 수 있다면 컨테이너의 순환을 조금 더 원활하게 해 줄 수 있을 것이다.

그중에서도 특히 냉동 컨테이너의 경우 냉동 컨테이너가 갖는 특수성과 변질 되기 쉬운 화물의 특징 때문에 컨테이너의 손상을 조기에 발견 및 처리하지 못하였을 때 화물의 클레임과 관련하여 손상화물의 폐기, 소송 등의 절차 때문에 짧게는 수주 길게는 수개월에 이르는 시간과 적지 않은 비용과 노력이 소모된다.

따라서 본 연구에서는 이러한 냉동 컨테이너의 손상을 최대한 빨리 발견하여 해당 결함을 해결할 수 있도록 하는 냉동 컨테이너 모니터링 시스템의 개선방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 내용 및 방법

본 논문은 냉동 컨테이너 모니터링 시스템 분석에 관한 연구로써, 선행연구 및 이론적 고찰을 통해 연구의 목적을 설정하였다.

먼저, 부산항 냉동 컨테이너 처리현황 및 시설 현황 분석과 냉동 컨테이너 모니터링 사례 분석을 통해 냉동 컨테이너 항만 하역시장의 현황 분석을 행하였다. 이후, RCM 시스템 운영 선사의 냉동 컨테이너 고장 현황, 고장 유형 분석, 일원배치분산 등의 실증분석을 수행하였다.

본 논문은 총 5개의 장으로 구성되어있다. 1장 서론에서는 연구의 목적 및 내용을 기술하였고, 2장에서는 컨테이너 및 냉동 컨테이너 모니터링에 관한 선행연구 검토 및 냉동 컨테이너 모니터링 시스템에 대한 이론적 고찰을 실시하였다.

3장에서는 냉동 컨테이너 모니터링 시스템에 대한 사례 분석과 부산항 냉동 컨테이너 처리 현황 분석을 실시하였다. 사례 분석 및 현황 분석을 통해 현재 운영 중에 있는 냉동 컨테이너 모니터링 시스템에 대한 문제점 파악 및 시사점을 도출하였다.

4장에서는 B 선사 RCM 시스템의 냉동 컨테이너 고장 Alarm 자료를 바탕으로 고장 현황 및 유형 분석을 수행하였다. 또한, 냉동 컨테이너 고장 Alarm 자료를 구성하고 있는 주요 항목의 그룹 간 고장 조치시간의 평균 차이가 있을 것으로 가정하고 일원배치분산분석을 수행하였다. 고장 현황 및 유형 분석과 일원배치분산분석 결과를 바탕으로 냉동 컨테이너 모니터링 시스템의 개선점 및 시사점을 도출하였다.

마지막으로 5장에서는 본 연구를 통해 얻은 주요 연구결과를 검토하였으며, 연구 한계점 및 향후 연구내용을 제시하였다.



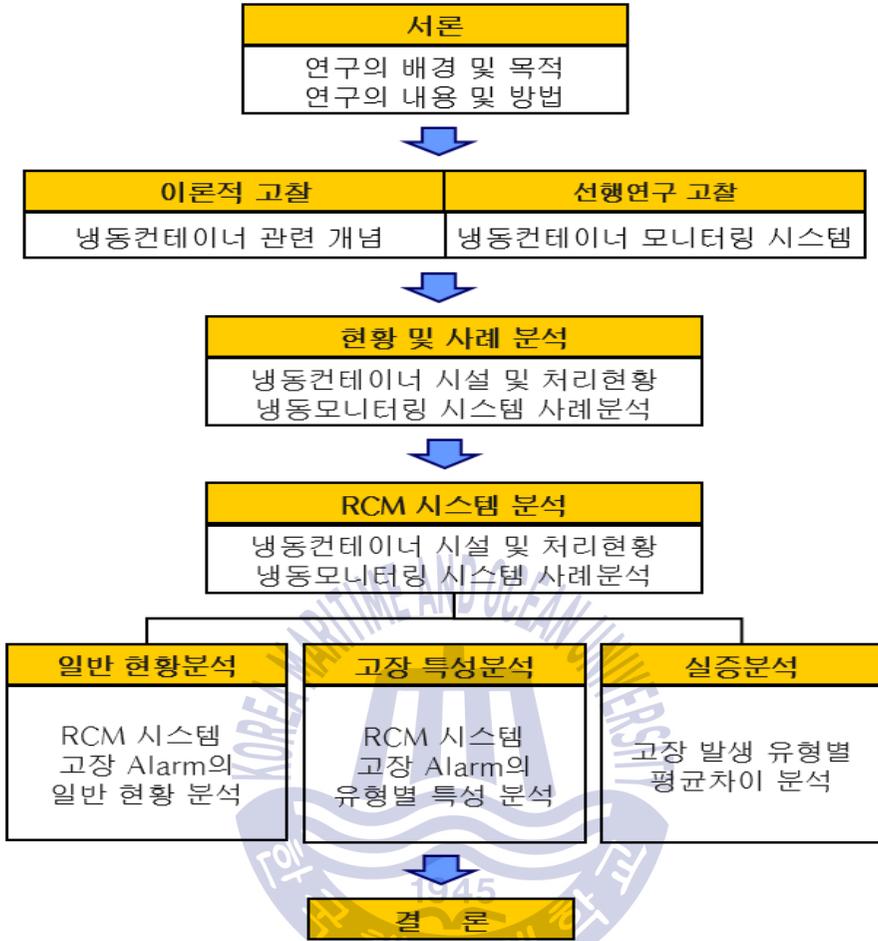


Fig. 2 연구의 흐름

제 2 장 이론적 고찰

2.1 냉동 컨테이너의 의의

일반적으로 컨테이너의 종류는 6가지로 분류할 수 있다. 온도조절이 필요하지 않은 일반 잡화 수송에 유용한 드라이 컨테이너(Dry Container), 맥아 소맥분 등의 분체 또는 분 상태의 화물수송에 적합한 천장에 구멍이 있는 벌크 컨테이너(Solid Bulk Container), 기계류 등의 중량화물 운송에 적합한 천장이 탈부착이 가능한 캔버스 덮개로 되어 있는 오픈 탑 컨테이너(Open Top Container), 드라이 컨테이너의 천장과 측벽을 제거한 플랫폼 컨테이너(Flat Rack Container), 유류 화학약품 등 화물 운송에 적합한 탱크 컨테이너(Tank Container), 그리고 온도에 민감한 화물을 화물 품질의 변질 없이 운송 가능토록 하는 냉동 컨테이너(Refrigerated Container)로 나누어 볼 수 있다.

냉동 컨테이너는 주로 채소 및 과일, 냉장 또는 냉동육류 및 해산물, 유제품, 화학제품 및 의약품, 반도체, 휴대폰 등을 운송하는 데 쓰이고 있으며 신선식품에 대한 전 세계적인 수요 증가, 시대의 변화에 따른 소비패턴 변화 등의 원인으로 인하여 냉동 컨테이너의 물동량 또한 꾸준한 증가추세를 보이고 있다.



자료 : 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계

Fig. 3 부산항 냉동 컨테이너 물동량 추이

2.2 냉동 컨테이너의 작동 원리

현재 사용되고 있는 냉동 컨테이너는 총 5개사에서 생산된 것이며 그 5개사는 각각 Carrier, Daikin, Thermoking, Starcool, Mitsubishi이다. 이 중 Mitsubishi사는 냉동 컨테이너 생산을 중단하였으며 지금도 냉동 컨테이너를 제작하고 있는 곳은 Mitsubishi 사를 제외한 나머지 4곳이다. 아래 figure은 위의 4개사에서 생산된 컨테이너의 예시이며 메이커마다 외관은 다르고 부품의 위치에도 조금씩 차이가 있지만, 기본적으로 동일한 원리에 의해 작동한다.



<Starcool>



<Thermo king>



<Carrier>

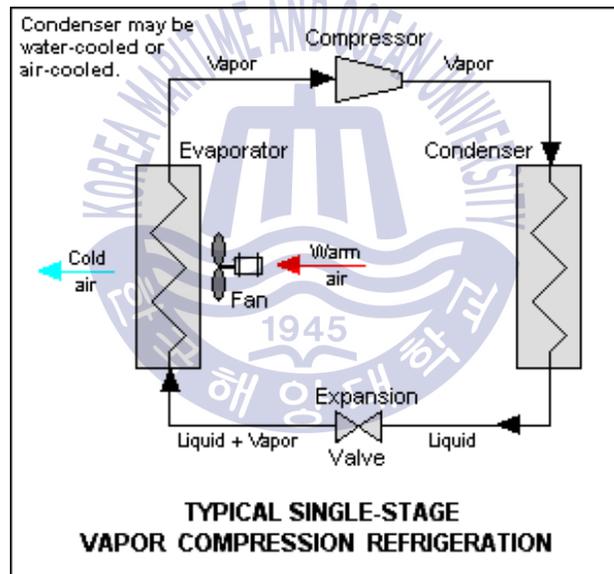


<Daikin>

Fig. 4 메이커별 냉동 컨테이너

위의 제조사별 냉동 컨테이너의 성능을 비교, 실험했던 이전의 연구¹⁾에 따르면 냉동 컨테이너 제작 업계에 가장 뒤늦게 뛰어든 Starcool 사의 냉동기가 냉동시스템의 성능 계수에서 가장 뛰어났고 전체적인 성능의 평가도 최고점을 받았다. Thermo King 사의 냉동기가 그다음 위치를 차지하였는데 성능 계수는 2 번째나 소요 동력면에서는 최고점을 받았다. 그다음으로 Daikin, Carrier 사의 컨테이너가 각각 3, 4번째 자리를 차지했다.

냉동 컨테이너는 에어컨, 냉장고 등과 마찬가지로 액체가 기체로 기화할 때는 열을 흡수하고 기체가 액체로 응축할 때는 열을 방출하는 이른바 기화열에 의한 냉각방식을 이용하는데 구체적으로는 냉매가 냉동기의 4대 구성요소라 불리는 압축기, 응축기, 팽창밸브, 증발기를 거치는 과정을 통해 냉각이 이루어진다.



출처 : 위키피디아, Vapor-compression refrigeration

Fig. 5 냉동 컨테이너 냉각 개념도과정

1) 이재진, 2015, 냉동 컨테이너용 냉동장치의 성능 비교에 관한 실험적 연구

2.2.1 압축기(Compressor)

압축기 내의 피스톤이 냉매 가스를 압축하여 고온고압의 기체를 만듦으로써 냉매 가스가 쉽게 응축, 액화할 수 있도록 하는 역할과 냉매를 순환시키고 회수하는 임무를 수행하며 인체에 비유하자면 심장 부분에 해당한다. 밀폐된 용기 속에서 압축된 냉매가스는 압력이 올라가게 되고, 온도가 일정할 때 기체의 압력은 부피에 반비례하고 압력이 일정할 때 기체의 부피는 온도의 증가에 비례한다는 보일-샤를의 법칙에 따라 온도 또한 올라간다.

압축기에는 왕복동 방식과 스크롤 방식이 있는데, 초기의 냉동 컨테이너에는 왕복동 방식의 압축기를 사용하였으나, 시간이 지나면서 기술이 발달함에 따라 가볍고 소음이 적고 압축의 성능이 더 뛰어난 스크롤 방식의 압축기가 발명되고 점차 스크롤 압축기로 대체되고 있다. 하지만 여전히 왕복동 방식의 압축기도 많이 쓰이고 있는데 왕복동 방식은 스크롤 방식과 달리 고장, 파손된 압축기를 재생하여 쓸 수 있다는 장점 때문이다.



<왕복동 방식 압축기>



<스크롤 방식 압축기>

Fig. 6 압축기 종류

2.2.2 응축기

고온고압의 냉매 기체를 응축, 액화하는 장치이다. 에어컨의 실외기에 해당하는 부분이며 압축기를 거치면서 높아진 냉매의 온도는 최소 80° C에 달하며 응축기를 거치면서 온도가 낮아진 냉매는 액체로 변환된다. 온도가 낮아졌다고

하지만 상온보다도 뜨거운 상태이며, 응축기를 거친 냉매는 고온고압의 액체 상태로 볼 수 있다.

2.2.3 팽창밸브

응축된 냉매를 팽창시켜 냉매의 온도를 떨어뜨리고 무화시킴으로써 냉매의 증발을 돕는 장치이다. 배관 속의 냉매 액이 급격하게 좁은 통로를 통과하면서 외부에 대한 어떤 조절도 없이 압력이 낮아져 팽창하는 현상으로 이를 교축현상, 또는 무화현상이라고 한다. 분무기의 입구를 꼭 조였을 때 물이 넓게 퍼져 나가는 것과 같은 이치이다. 무화현상을 거친 냉매의 상태는 액체로 보기에기도 기체로 보기에기도 애매한 상태이나, 이론상으로 액체의 입자가 가늘어진 것으로 팽창밸브를 거친 냉매의 상태는 저온 저압의 액체 상태로 보는 것이 타당하다.

2.2.4 증발기

팽창밸브의 무화증기를 증발시켜 실제 냉동 효과를 달성하는 장치이며 에어컨의 실내기에 해당한다. 기본적으로 증발기는 응축기와 그 구조가 동일하며 배관 안의 냉매 액이 증발하여 기체로 변환되는 과정에서 주위의 열을 빼앗아가며 이를 기화열 또는 증발 잠열이라고 한다. 증발기를 거친 냉매는 저온 저압의 기체 상태이며 다시 압축기로 흘러 들어가 냉각 사이클을 반복하게 된다.

2.2.5 컨트롤러

컨트롤러는 온도제어 소프트웨어 및 데이터코더 소프트웨어를 저장한다. 온도제어 소프트웨어는 화주가 원하는 온도 및 습도의 제공에 필요한 냉동기의 구성요소를 작동시키는 역할을 담당하고, 데이터코더 소프트웨어는 향후 데이터 추출을 위해 냉동기 작동 매개변수 및 화물 온도 매개변수를 저장하는 역할을 담당한다. 이러한 기능들은 냉동기 전면부의 키패드를 통해서 액세스 가능하며 역시 전면부에 위치한 디스플레이 모듈을 통해서 볼 수 있다.

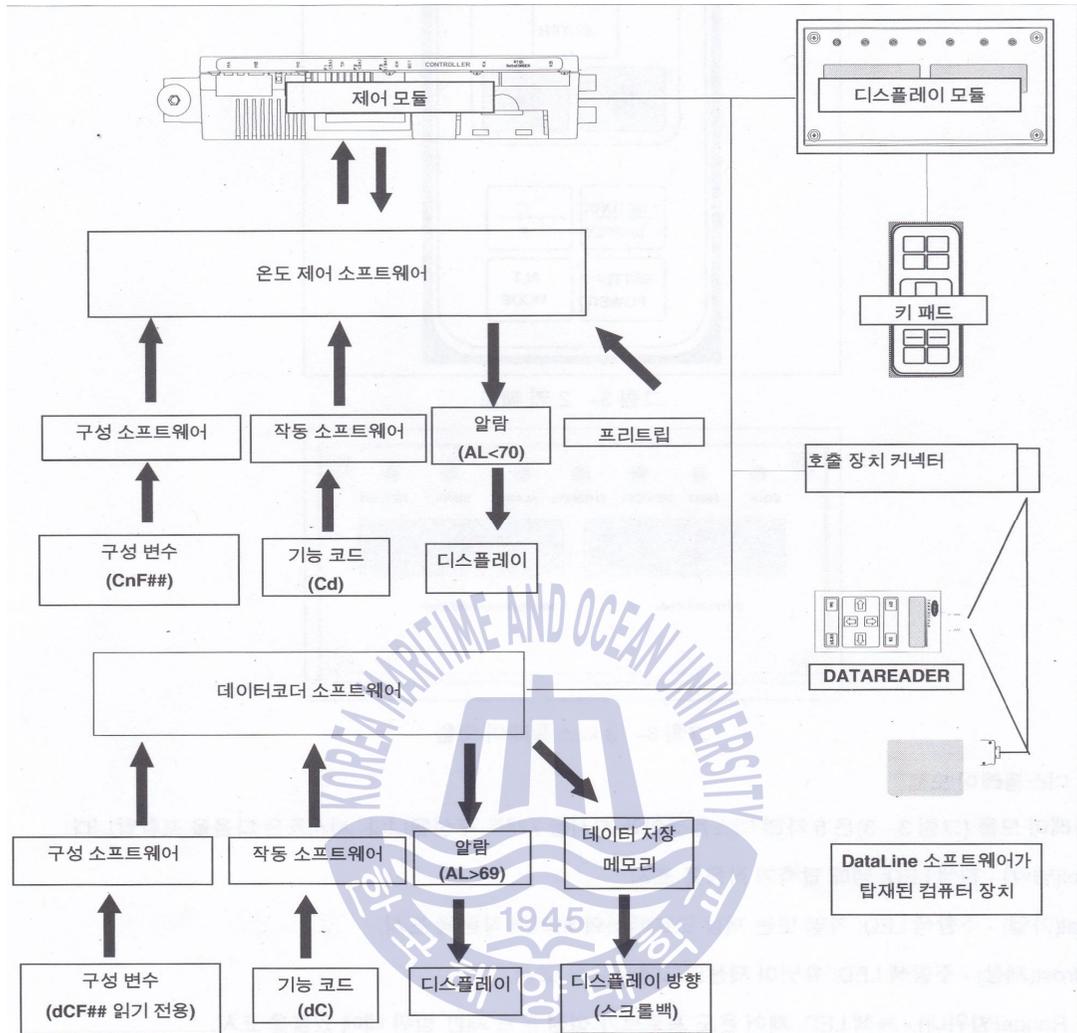


Fig. 7 냉동 컨테이너 온도제어 개념도

2.3 선행연구 고찰

냉동 컨테이너 모니터링 시스템에 관한 연구는 주로 모니터링 시스템 구현, 성능에 관한 연구, 냉동 컨테이너 제어에 관한 연구가 주를 이루고 있다.

김진우(2007)의 연구는 냉동 컨테이너의 관리에 따른 문제점을 개선하고자 원격으로 냉동 컨테이너를 관리할 수 있는 시스템 구축을 위한 원격 감시 및 전원장치의 설계 식을 도출하였다.

박상갑(2012)의 연구는 사례분석을 통해 해상으로 운송되고 있는 냉동 컨테이너 화물의 손상을 예방하여 화물손상으로 인한 불필요한 물류비용 및 시간 낭비를 줄일 수 있는 냉동 컨테이너 화물손상과 관련된 개선방안을 도출하였다.

이성준(2012)의 연구는 IT 기반 냉동 컨테이너 모니터링 모바일 서비스 구현을 위해 안드로이드와 IOS 두 가지 타입의 모니터링 시스템을 제안하였다. 시뮬레이션 방법을 제안된 모바일 서비스의 신뢰도를 측정하였다.

최성필(2014)의 연구는 글로벌 물류에 적용하는 운송사, 물류거점 영사, 화주 등 물류 전반에 속해 있는 주체들이 화물의 상태를 실시간으로 모니터링하고 이를 활용할 수 있도록 냉동 컨테이너 모니터링 시스템의 최적화 모델을 제시하였다.

세계적으로 콜드체인 화물에 대한 수요가 증가함에 따라 냉동 컨테이너 관리 실패에 따른 화물 피해가 늘어나고 있으나 냉동 컨테이너 시스템 관리에 관련된 선행연구는 미비하였다.

따라서 본 연구에서는 냉동 컨테이너 모니터링을 수행하고 있는 B사의 RCM Alarm 자료를 바탕으로 일반현황 분석, 고장 특성 분석 및 실증 분석을 통해 냉동 컨테이너 모니터링 시스템 개선방안을 제시하고자 한다.

Table 1 선행연구 정리

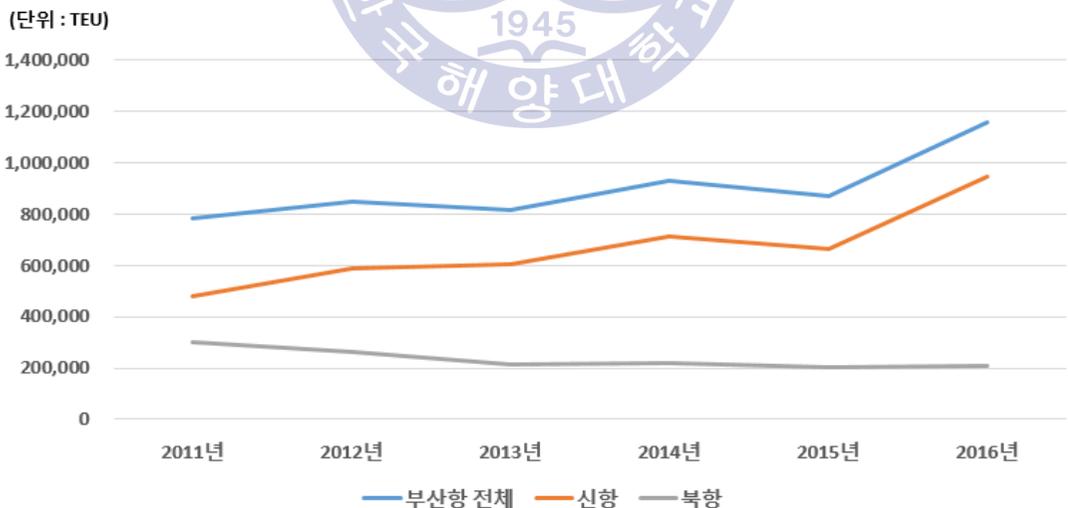
구분	분석방법	연구내용
김진우 (2007)	· 시뮬레이션	냉동 컨테이너의 관리에 따른 문제점을 개선하고자 원격으로 냉동 컨테이너를 관리할 수 있는 시스템 구축을 위한 원격 감시 및 전원장치의 설계 식 도출
박상갑 (2012)	· 사례분석	해상으로 운송되고 있는 냉동 컨테이너 화물의 손상을 예방하여 화물손상으로 인한 불필요한 물류비용 및 시간 낭비를 줄일 수 있는 냉동 컨테이너 화물손상과 관련된 개선 방안 도출.
이성준 (2012)	· 시뮬레이션	IT 기반 냉동 컨테이너 모니터링 모바일 서비스 구현을 위해 안드로이드와 IOS 두 가지 타입의 모니터링 시스템을 제안하였다. 시뮬레이션 방법을 제안된 모바일 서비스의 신뢰도 측정
최성필 (2014)	· 시뮬레이션	글로벌 물류에 적용하는 운송사, 물류거점 영사, 화주 등 물류 전반에 속해 있는 주체들이 화물의 상태를 실시간으로 모니터링하고 이를 활용할 수 있도록 냉동 컨테이너 모니터링 시스템의 최적화 모델 제시.



제 3 장 냉동 컨테이너 현황 및 모니터링 사례분석

3.1 부산항 냉동 컨테이너 물동량 현황

부산항에서 처리된 냉동 컨테이너는 2016년 신항 947,023TEU, 북항 210,875TEU, 부산항 전체 1,157,898TEU를 처리한 것으로 나타났다. 2011년부터 2016년까지 6개년 간 냉동 컨테이너 처리 추이를 살펴보면 북항은 2011년부터 하락세를 보이다 2013년부터 정체 상태를 보이고 있다. 북항의 정체에도 불구하고 신항의 냉동 컨테이너 처리량은 지속적으로 증가하고 있어 부산항 전체의 냉동 컨테이너 처리량 또한 지속적으로 증가추세를 보이고 있다. 냉동 컨테이너의 최근 6개년 간 연평균 성장률의 경우 신항 14.5%, 북항 -6.8%로 나타났으며, 부산항 전체 냉동 컨테이너 물동량의 경우 연평균 8.2%의 성장을 보이고 있는 것으로 나타났다.



자료 : 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계

Fig. 8 부산항 냉동 컨테이너 물동량 추이

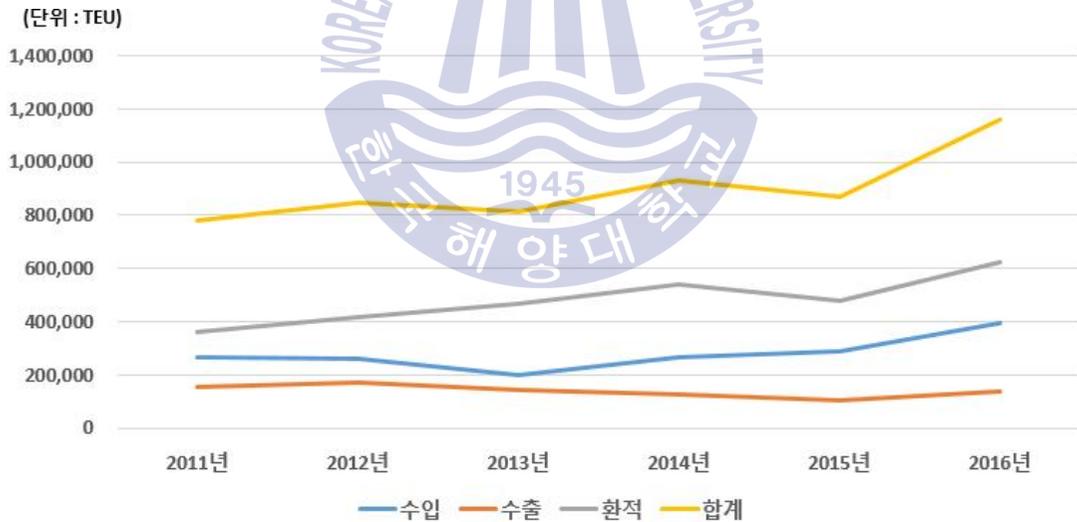
Table 2 부산항 냉동 컨테이너 물동량 추이

단위 : TEU

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	연평균 성장률
신항	481,748	586,526	601,669	715,448	663,936	947,023	14.5%
북항	299,728	261,223	212,650	216,678	204,452	210,875	-6.8%
합계	781,506	847,749	814,319	932,126	868,388	1,157,898	8.2%

자료 : 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계

부산항 냉동 컨테이너 수출입 물동량 추이를 분석해보면 2016년 수입 392,993TEU, 수출 140,361TEU 환적 624,544TEU를 처리한 것으로 나타났으며, 연평균 성장률은 수입 8.0%, 수출 -1.7%, 환적 11.5%로 나타났다. 수출의 경우 2011년부터 2015년까지 하락형 정체를 보이거나 2016년에 2013년 수준으로 회복되었으며, 수입 및 환적 물동량은 꾸준하게 증가하고 있다.



자료 : 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계

Fig. 9 부산항 수출입 냉동 컨테이너 물동량 추이

Table 3 부산항 냉동 컨테이너 물동량 추이

단위 : TEU

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	연평균 성장률
수입	266,972	258,076	201,539	265,228	285,959	392,993	8.0%
수출	152,855	172,035	145,831	127,130	103,160	140,361	-1.7%
환적	361,679	417,638	466,949	539,768	479,269	624,544	11.5%
합계	781,506	847,749	814,319	932,126	868,388	1,157,898	8.2%

자료 : 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계

부산항 냉동 컨테이너 물동량의 처리 비율을 살펴보면 전체 물동량 중 2016년 신항 82%, 북항 18%를 차지하는 것으로 나타나 대부분 화물이 신항에서 처리되고 있다. 또한, 전체 물동량 중 수입 34%, 수출 12%, 환적 54%로 나타나 환적 물동량이 전체 물동량의 50% 이상 차지하고 있다. 환적 물동량은 11.5%의 연평균 성장을 보여 향후 부산항 냉동 컨테이너 물동량 중 환적 물동량이 차지하는 비율은 증가할 것으로 판단된다.

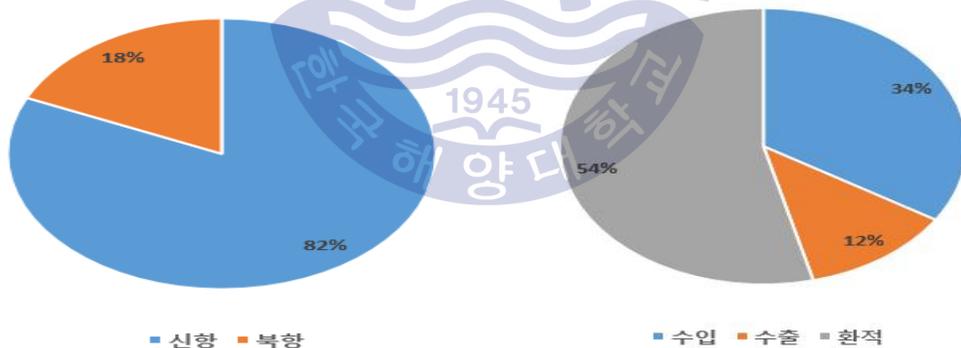


Fig. 10 부산항 냉동 컨테이너 처리 비율

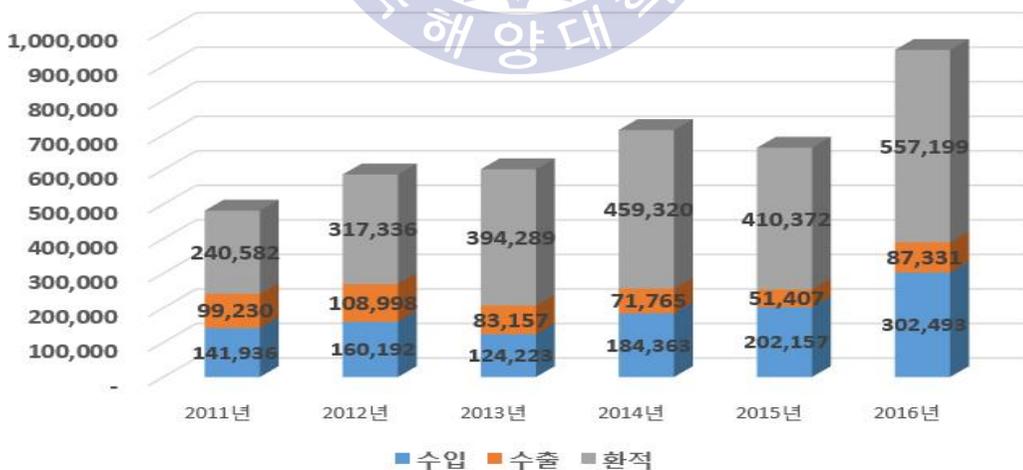
부산항 북항의 냉동 컨테이너 수출입 물동량을 살펴보면 2016년 수입 90,500TEU, 수출 53,030TEU, 환적 67,345TEU로 나타났으며, 연평균 성장률은 수입 -6.3%, 수출 0.2%, 환적 -11.1%로 나타났다. 부산항 북항의 경우 냉동 컨테이너 물동량은 전체적으로 감소하고 있으며, 이는 북항 냉동 컨테이너 수입 및 환적 물동량이 신항으로 전이되고 있는 것으로 판단된다.



자료 : 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계

Fig. 11 부산항 북항 수출입 냉동 컨테이너 물동량 추이

부산항 신항의 냉동 컨테이너 수출입 물동량을 살펴보면 2016년 수입 302,493TEU, 수출 87,331TEU, 환적 557,119TEU로 나타났으며, 연평균 성장률은 수입 -16.3%, 수출 -2.5%, 환적 18.3%로 나타났다. 부산항 북항 냉동 컨테이너 물동량의 전이량 보다 신항 자체의 냉동 컨테이너 물동량 증가가 더 이뤄지고 있는 것으로 판단되어 향후에도 부산 신항의 냉동 컨테이너 물동량은 증가할 것으로 판단된다.



자료 : 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계

Fig. 12 부산항 북항 수출입 냉동 컨테이너 물동량 추이

3.2 부산항 냉동 컨테이너 시설 및 장치능력 현황

냉동 컨테이너의 물동량은 뚜렷한 증가 추이를 보이고 있지만 냉동 컨테이너에 전원을 공급해 주는 부산항 리셉터클(Receptacle)의 개수는 북항 3,608개, 신항 9,098개, 총 12,706개에 머물러 있다.

Table 4 부산항 터미널별 리셉터클 현황

터미널명	운영사	리셉터클(Receptacle) (EA)
북항	한국허치슨터미널	990
	부산항터미널(신선대)	1,368
	부산항터미널(감만)	684
	동부부산컨테이너터미널	566
	소계	3,608
신항	부산신항국제터미널	2,364
	부산신항만	2,256
	한진부산신항만	1,700
	PSA-현대부산신항만	1,650
	비엔시티	1,128
	소계	9,098
합계		12,706

자료 : 각 터미널 운영사 홈페이지 자료

부산항의 터미널별 냉동 컨테이너 하역능력에 따른 처리 물동량 비율을 살펴 보기 위해 리셉터클 개수에 따른 터미널별 하역능력을 산정하였다. 장치장 하역능력 산정 식은 다음과 같으며, 일시장치능력은 터미널별 리셉터클 개수, 연간운영일수 363일, 평균장치 기간 6일, 분리계수 1.2, 피크계수 1.3으로 가정하였다.

Table 5 냉동 컨테이너 장치장 하역능력 산정식

<p>장치장 하역능력 $\text{일시장치능력} \times \text{연간운영일수} \div \text{평균장치기간} \div \text{분리계수} \div \text{피크계수}$</p>

부산항 터미널별 냉동 컨테이너 하역능력 대비 처리율을 살펴보면 부산신항 국제터미널 468%, 부산신항만 273%, PSA-현대 신항만 237%, 순으로 나타났으며, 신항 268%, 북항 151%, 부산항 235%로 나타났다.

부산항 냉동 컨테이너 처리능력 대비 처리비율은 235%로 나타나 수요에 비해 시설이 부족한 것으로 나타났다. 부산항에서 처리한 냉동 컨테이너의 최근 6년간 물동량 증가율은 8.2%로 나타나 처리량은 증가할 것으로 판단되어 부산항 냉동 컨테이너 시설 부족 현상은 지속될 전망이다.

Table 6 부산항 터미널별 냉동 컨테이너 하역능력 대비 처리비율

터미널명	운영사	리셉터클 (Receptacle) (EA)	냉동 컨테이너 처리능력 (TEU)	2016년 냉동 컨테이너 처리량 (TEU)	처리능력 대비 처리비율
북항	한국허치슨터미널	990	38,394	48,426	126%
	부산항터미널	1,368	53,054	72,401	136%
		684	26,527	43,838	165%
	동부부산컨테이너터미널	566	21,951	46,210	211%
	소계	3,608	139,926	210,875	151%
신항	부산신항국제터미널	2,364	91,681	429,035	468%
	부산신항만	2,256	87,492	238,762	273%
	한진부산신항만	1,700	65,929	100,100	152%
	PSA-현대부산신항만	1,650	63,990	151,422	237%
	비엔시티	1,128	43,746	27,704	63%
	소계	9,098	352,839	947,023	268%
	합계	12,706	492,765	1,157,898	235%

3.3 냉동 컨테이너 모니터링

3.3.1 냉동 컨테이너 모니터링 주안점

위에서 살펴본 바와 같이 냉동 컨테이너는 응축기, 압축기, 증발기, 팽창밸브 등의 주요 부품을 베이스로 하는 수많은 부품으로 작동된다. 다른 전자제품처럼 냉동 컨테이너 역시 전원 공급이나 위에서 언급한 주요부품들 또는 기타 배관 등에 문제가 생기면 작동이 원활하게 이루어지지 않고 이는 냉동 컨테이너 안에 실려 있는 고가의 화물들에 심대한 손상을 끼치게 된다. 이러한 냉동 컨테이너의 고장은 예측하여 대응할 수 없는바, 손상이 생겼을 때 이를 최대한 신속하게 고장 원인을 파악하고 이를 수리하여 냉각 기능을 제대로 수행하게 하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

냉동 컨테이너의 수리 절차는 다음과 같다. 지속적인 냉동 컨테이너 모니터링을 통해 DMG 컨테이너를 발견하고, 이를 선사에 보고하여 선사로부터의 승인을 득한 후 적절한 곳으로 컨테이너를 이적하여 수리에 이르게 된다.

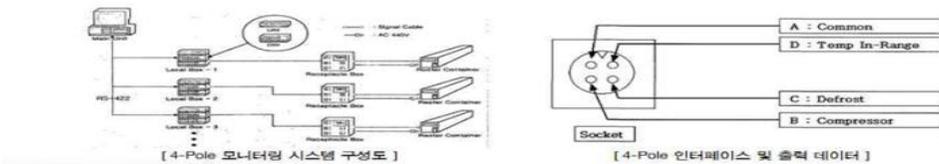
현재 컨테이너터미널, 선사, 선사의 Vendor 등 여러 업체에서 위 절차에 소요되는 시간을 단축하기 위해 많은 노력을 기울이고 있으나 본 연구에서 주목하는 것은 컨테이너의 초기 DMG 발견에 이르는 시간을 줄이는 것이다. 예를 들어 냉매가 누설되는 경우, 전원의 적절한 공급이 이루어지지 않은 경우, 배관의 결함 불량인 경우 초기 DMG 발견에 성공하면 후속 조치도 상당히 빠른 시간에 이루어질 수 있다. 하지만 그렇지 못하고 최초 DMG 발생 이후 많은 시간이 경과하여 이를 발견하게 되면 후속 조치에 걸리는 시간도 눈덩이처럼 불어나게 되고 이는 컨테이너의 순환을 저해하는 결과를 초래한다. 따라서 초기 DMG 발견, 즉 냉동 컨테이너에 대한 모니터링이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있겠다.

3.3.2 기존의 냉동 컨테이너 모니터링 시스템

기존의 냉동 컨테이너 모니터링의 대표적인 방법으로 2가지를 이야기할 수 있다. 아래에서 소개할 4 Pole 방식과 PCT 방식이 그것이다.

1) 4 Pole 방식²⁾

4 pole 방식은 냉동 컨테이너에 설치된 별도의 모니터링 전용 단자에 신호전송용 케이블을 연결하여 냉동 컨테이너의 단순한 상태 정보를 모니터링 하는 방식으로 이 방식을 통해 읽어낼 수 있는 정보는 Compressor, Defrost, Temperature in Range 등에 불과하다. 최근에 생산되는 냉동 컨테이너에는 별도의 4 pole 인터페이스가 없고 현재는 잘 사용되고 있지 않다.



출처 : 문영식, 최성필, 이은규 등, 2015, M2M 통신을 이용한 실시간 냉동 컨테이너 제어 장비

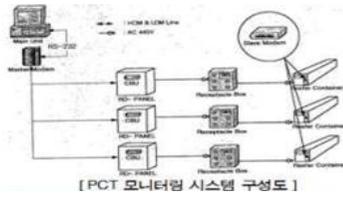
Fig. 13 4 Pole 방식 모니터링 시스템

2) PCT 방식³⁾

현재 보편적으로 사용되고 있는 모니터링 방식은 ISO 10368 규격에 따라 컨테이너에 설치된 전력선 통신용 모뎀을 사용하는 PCT(Power Cable Transmission) 방식으로, 이 모뎀의 전송속도에 따라 HRCD(High data rate Remote Communications Device)와 LRCD(Low data rate Communications Device)로 나뉜다.

하지만 이 PCT 방식은 통신을 위한 슬레이브 모뎀 및 마스터 모뎀의 설치, 통신 선로 설치 등의 인프라 구축이 필요하고 전력 부하의 변동에 따른 데이터 손실의 가능성이 항상 도사리고 있다는 것이 단점으로 지적된다.

2) 문영식, 최성필, 이은규 등, 2015, M2M 통신을 이용한 실시간 냉동 컨테이너 제어 장비
 3) 이성준, 2012, 냉동 컨테이너 모니터링 시스템을 위한 모바일 서비스 구현



- PCT로 모니터링 가능한 냉동컨테이너 데이터**

 - ✓ 컨테이너 ID(13자리 알파벳과 숫자 조합)
 - ✓ 설정온도(Set point)
 - ✓ 냉동컨테이너 내부 온도(공급공기, 순환공기)
 - ✓ 운전모드(냉각, 가열, 상액제거, 운전 중)
 - ✓ 알람경보 지시(16가지 알람 정보)

[PCT 모니터링 가능 데이터]

출처 : 이성준, 2012, 냉동 컨테이너 모니터링 시스템을 위한 모바일 서비스 구현

Fig. 14 PCT 모니터링 시스템

3.3.3 냉동 컨테이너 모니터링의 실패 사례

1) 선원의 모니터링 소홀로 인한 화물 전손

2013년 5월 호주의 육류 수출 업체에서 외국적 선사의 40ft 냉동 컨테이너를 이용하여 한국으로 호주산 소고기를 수출하였고 선적 시까지 정상적인 온도 유지 등 냉동 장비에 아무 이상이 없었다. 하지만 선적 이후 Compressor가 정상 작동하지 않기 시작했고 해당 컨테이너가 부산항에 도착할 때까지 문제점 발견은 물론, 아무런 조치가 되지 않았다. 부산항 도착 이후 컨테이너 양하 시에 악취가 심하게 나는 것을 검수 업체에서 확인한 이후 긴급하게 냉동 장비 점검을 하였으나 이미 컨테이너 내부에 실려 있던 십수억 원 상당의 화물은 이미 모두 부패하여 전량 폐기 조치될 수밖에 없었다.

이후 냉동 컨테이너의 작동 로그를 다운받아 확인한 결과, 선적으로부터 이틀째 되는 시점에서부터 Compressor가 작동을 멈춘 것으로 밝혀졌고 선원의 모니터링 소홀로 선사가 배상 책임을 졌으며 클레임 절차 진행을 위해 약 50일간 해당 컨테이너는 일반 장치 블록에 방치되었으며 이후에도 컨테이너 소유 선사는 내부에 잔존한 악취 제거를 위해 추가적인 비용을 지불하여야 했다.

2) 화물 선적 전 예냉(pre-cooling) 미흡으로 인한 화물 손상

국내의 한 수산물 전문 업체에서는 원양어업으로 참치를 잡아 수출하는 것을 주력사업으로 진행해 오고 있는데 2012년 12월, 아프리카의 모리셔스에서 출항하는 배에 적재되어 부산항으로 들어온 냉동 컨테이너를 개봉하여 보니 컨테이너 2대 중 1대에 실린 참치가 변질되어 있어 화주는 선사로 클레임을 제기하였다.

화물 손상의 원인에 관해 화주와 운송인 간의 의견의 차이가 컸고 결국 온도 기록지를 다운로드 하여 원인을 분석하였는데 적재부터 양하까지 냉동 컨테이너는 정상적으로 작동하였으나 적재 전의 예냉(pre-cooling)이 제대로 이루어지지 않아 화물이 손상되었음이 판명되었다. 컨테이너의 설정 온도는 섭씨 마이너스 60도였으나 화물이 적재 전 그만큼 충분히 냉동되지 않았고 그 탓에 화물을 적재하고 처음 며칠간은 화물 온도가 설정 온도를 훨씬 웃돌았고, 며칠이 지나 서서히 온도가 떨어져 이후엔 일정하게 마이너스 60도를 유지하였다. 하지만 최초에 온도가 유지되지 못 한 며칠간에 화물은 이미 손상되었고 본 건의 클레임 처리에 약 6개월가량이 소요되었다

3.3.4 RCM 장비를 통한 냉동 컨테이너 모니터링의 사례

현재 냉동 컨테이너에 추가적인 장비를 부착하여 독자적인 모니터링 시스템을 구축한 선사로는 A사와 B사가 있다. 이 두 선사는 GPS 시스템을 기반으로 하는 RCM(Remote Container Monitoring) 장비를 부착하여 각자의 냉동 컨테이너를 관리하고 있다.

해당 장비를 통해 위 두 선사에서는 본사의 전산 시스템을 통해 각각의 냉동 컨테이너에 대해 실시간으로 위치를 파악하고 정상 작동 여부를 확인할 수 있으며, 컨테이너의 작동상태가 경고 단계(이하 Alarm)에 이르면 전산시스템에서 자동으로 선사 본사와 컨테이너의 현재 위치에 속한 선사의 장비 담당자, 그리고 선사와 계약된 Vendor 등에 메일과 문자 메시지를 발송하게 되고 담당자가 컨테이너의 작동 상태를 확인 및 조치하게 된다.

이러한 장비를 통한 컨테이너의 작동 상태 알림이 컨테이너의 초기 DMG 발견의 시간을 획기적으로 줄이는 결과를 낳으며 또한 불필요한 물류비용을 미연에 방지한다고 할 수 있겠다. 다만 위 두 선사의 RCM 장비는 각각 장단점이 있으며 이를 비교하여 개선방안을 찾아보고자 한다.

1) A사의 GPS 장비

A사는 2012년 초반부터 A사 소유의 냉동 컨테이너에 각 지역의 Vendor를 통해 GPS 장비를 부착했으며 현재는 A사가 보유한 거의 모든 컨테이너에 GPS

장비가 부착되어 있다. A사와 계약된 Vendor라면 누구나 자유롭게 A사의 전산 홈페이지를 이용할 수 있으며 이곳에서 Alarm 정보를 수신할 메일 주소와 휴대전화번호를 입력하면 그 즉시 관련 Alarm 정보를 수신할 수 있다.



Fig. 15 A사 GPS 장비

A사의 Alarm 시스템은 그 심각성에 따라 Level 1부터 Level 3까지 구분되어 있으며 Level 수준에 따라 관리 내용, 조치 내용이 달라진다. 단, A사의 Alarm 관련 메일에서 알아볼 수 있는 정보는 B사의 시스템에 비해 다소 빈약한 편인데 전산시스템에서 분류하고 있는 Alarm의 종류가 2종류 밖에 없기 때문이다. 첫째는 온도 상이에 관한 Alarm이며 둘째는 전원 공급에 관한 Alarm이다.

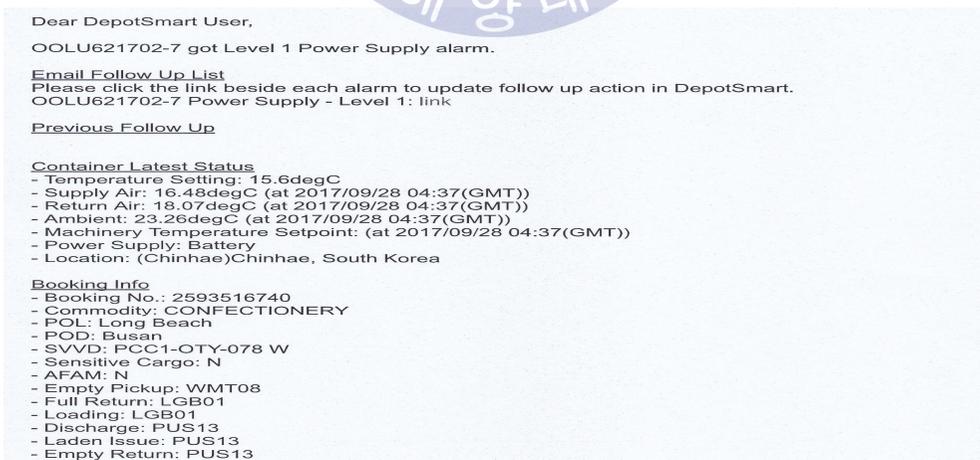


Fig. 16 A사 GPS 장비 모니터링 시스템 알람 예시

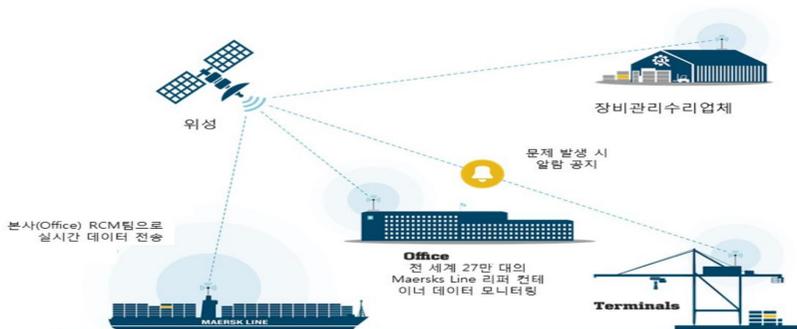
위의 예시를 살펴보면, 위 컨테이너는 전원 공급에 대한 Alarm이 발생했음을 알 수 있으며, 컨테이너의 설정 온도와 현재 온도를 확인할 수 있으며 또한 해당 컨테이너의 선적항과 양하항에 관한 정보를 확인할 수 있다.

2) B사의 RCM 이용 사례

B사 역시 2012년 하반기부터 자사 소유의 냉동 컨테이너 전량에 대해 세계 각국의 Vendor 들에게 RCM 장비 부착을 위탁하였고 현재 완료 단계에 이르렀다. 앞서 소개한 A사에서 사용 중인 장비와는 다르게 B사의 RCM 장비는 다양한 정보를 제공한다.



Fig. 17 B사 RCM 장비



출처 : 한국교통연구원(2017), 글로벌물류기술 주간동향 Vol 11

Fig. 18 RCM 시스템 사용 구조

RCM 장비가 보내 주는 정보를 통해 B사의 Vendor는 간편하게 냉동 컨테이너의 기종, Alarm의 발생 시간과 내용, 컨테이너의 내품, 컨테이너의 운항 정보까지 확인이 가능하고 이러한 정보를 바탕으로 발생한 Alarm을 어떻게 처리할지, 어떤 파트를 수리해야 하며 어떤 부품을 준비해야 하는지 등의 계획을 수립하고 빠르게 대응할 수 있다. B사의 RCM 장비는 여기에서 그치지 않고 Vendor뿐만이 아니라 화주, 운송사 측에도 더 많은 정보를 제공할 수 있게끔 노력하고 있으며 가까운 시일 안에 검역에 관련된 정보까지도 담을 수 있을 것으로 전망하고 있다.

Last known location: Pusan Newport International Term.
 Next planned location: Customer Premises
 Route: Aarhus --> Busan --> Kwangju Kyungki-Do
 Booking number: D19073152
 Container ID: MNBU3314924
 Unit model: StarCool CIM6
 Alarm category: RCD Communication
 Alarm code: RCDLC Reefer Communication Lost
 Commodity: Pork, swine, frozen, meat

Reefer Data

Measurement	Booked Set points	Controller Set points	Supply Sensor	Return Sensor	Ambient Temperature
Temperature	-18°C / -0.4°F	N/A	N/A	N/A	N/A
Humidity		N/A			
O2		N/A	N/A		
CO2		N/A	N/A		
Ventilation		N/A			
Measurement	Suction	Discharge			
Compressor Pressure	N/A	N/A			

Alarm should be repaired as soon as possible.

Current Container Alarms

Code	Description	Category	Start Time	Severity
RCDLC	Reefer Communication Lost	RCD Communication	19 Apr 2017 17:30 UTC	Medium

Case history

Time	Action/Activity	From	To
23 Jan 2018 01:36 UTC	Created Alarm Handling Case	RCM EC	Workflow
23 Jan 2018 01:36 UTC	Alarm Notification sent to EMR (YONG MOON CO. & yongmoonpnit@korea.com)	RCM System	yongmoonpnit@korea.com Office No: N/A / Out of Office No: N/A

Fig. 19 B사 RCM 모니터링 시스템 알람 예시

제 4 장 RCM 시스템 분석

4.1 자료 수집

현재 위 두 선사가 GPS 기반의 냉동 컨테이너 모니터링 장비를 사용하고 있는 유일한 선사이며 A사의 시스템은 Alarm의 심각성에 따라 관리가 가능하다는 장점이 있지만, B사의 시스템에 비해 내포하고 있는 정보의 양이 많이 부족한 실정이다. 컨테이너 관리에 IoT 기술을 접목한다는 관점에서 궁극적으로 지향해야 할 방향은 B사가 현재 시행하고 있는 시스템이라고 할 수 있겠다. 따라서 B사에서 발생한 Alarm 사례를 기초 자료로 사용한다.

자료 수집은 모니터링 알람이 울린 사례를 대상으로 2017년 9월부터 12월까지 기간의 해당 자료 중 본 논문의 분석 목적에 부합하는 정보들을 포함하는 사례를 대상으로 하였다. 즉, 품목, 고장 원인, 조치 시간 등 주요 항목이 누락된 과거 자료는 제외하였다.

수집된 자료는 아래 Table과 같은 형태이다. 포함된 항목은 다음과 같다.

- 알람 발생 기간
- 조치 시간
- 컨테이너 번호
- 장소
- 장비 모델
- 알람 분류
- 알람 코드
- 내장 화물 품목
- 알람 발생 이유
- 조치 사항
- 컨테이너 상태(T/S, O/B 등)

Table 7 자료 형태

Seq	Date	Alarm Occur	Follow up	CNTR No.	Location	UNIT MODEL	ALARM CATEGORY	ALARM CODE	Commodity	Reason of Alarm	Action Taken	Remark
1	21-Sep-16	18:52	19:14	MWCU6998139	PNIT	Daikin	Micro Alarm	E406 / E405 / E411	Juice	Suction gas sensor failure	Replaced Sucion gas sensor	T/S
2	24-Sep-16	1:06	3:52	MNBU3554930	PNIT	Starcool	Micro Alarm	AA429	Fish	Wrong Alarm	-	O/B
3	29-Sep-16	8:20	9:00	MCRU2072913	PNIT	Starcool	Micro Alarm	AA429	Chemical Products	RCM Malfunction	Reinstalled RCM Device	O/B
4	13-Oct-16	5:30	7:30	MWCU6852714	PNIT	Carrier	Micro Alarm	AL7	Fish	Vent Open	Closed Vent	I/B
5	14-Oct-16	17:07	17:20	MNBU3349129	PNIT	-	RCD Alarm	RCDDIS	Fish	-	-	Container not in Busan
6	17-Oct-16	8:38	8:59	MWCU6870507	PNIT	-	RCD Alarm	RCDDIS	Meat	-	Normal Condition	T/S
7	18-Oct-16	8:56	9:13	MWCU5258230	PNIT	Carrier	Micro Alarm	AL3	-	-	Normal Condition	-
8	31-Oct-16	18:30	18:37	MWCU5299944	PNIT	Carrier	RCD Communication	RCDLC	Meat	RCM Malfunction	Replaced RCD	-
9	9-Nov-16	9:06	9:24	PONU4501475	PNIT	-	RCD Communication	RCDLC	US Military Cargo	Missing USIM Card	Replaced RCD	I/B
10	9-Nov-16	10:12	10:27	MNBU3301300	PNIT	Starcool	Micro Alarm	AA612 / ISO15	Pollock Fish	Defective Frequency Converter	Replaced FC	T/S
11	11-Nov-16	1:32	9:14	MCRU2022532	PNIT	Starcool	RCD Communication	RCDLC	Dairy Products	Poor Cable Connection	Adjusting Connector	I/B
12	12-Nov-16	11:45	13:10	MWCU5228982	VESSEL	Carrier	Reefer Alarms	AL22	-	Defective Evaporator Fan Motor	Replaced Evaporator Fan Motor	On Vessel
13	15-Nov-16	6:59	8:30	MWCU5718320	PNIT	Carrier	RCD Communication	RCDLC	Non Frozen Chocolate	Reefer Communication Lost	-	Gate Out
14	17-Nov-16	4:44	8:27	PONU4971150	PNIT	Daikin	RCD Communication	RCDLC	Fish	Reefer Communication Lost	-	Not in Terminal
15	17-Nov-16	10:26	11:06	MWCU5224890	PNIT	-	RCD Communication	RCDLC	Non Frozen Food	Reefer Communication Lost	Replaced RCD	I/B, Non-Live

4.2 일반현황 분석

본 절에서는 알람 발생 건수의 일반적인 현황을 분석한다. 알람 발생 및 조치 시간대별 분포, 등을 포함한다.

<Table 8>은 알람 발생 및 조치 시간대별 분포를 나타내고 있다. 발생 시간대의 경우 오전 8시에 20건으로 가장 많고 이어서 9시에 18건이 나타났다. 발생 건수가 가장 낮은 시간대는 오전 2시, 4시, 18시, 20시, 24시 가 0건으로 나타났다. 전반적으로 근무 시간대에 알람 발생이 집중되는 것으로 나타났다.

조치 시간대의 경우 오전 9시(24건), 10시(13건), 11시(16건)에 가장 많고 이어서 15시(9건), 12시, 16시, 18시(7건) 등의 순으로 나타났다. 새벽 시간대와 저녁 시간대의 조치 건수는 낮게 나타났다.

Table 8 알람 발생 및 조치 시간대별 분포

시간대	발생 빈도	조치 빈도	시간대	발생빈도	조치 빈도
1	1	0	13	4	6
2	0	1	14	6	3
3	1	2	15	8	9
4	0	0	16	7	7
5	2	0	17	7	6
6	6	0	18	0	7
7	3	1	19	2	3
8	20	2	20	0	0
9	18	24	21	2	0
10	8	13	22	2	0
11	8	16	23	1	4
12	6	7	24	0	1

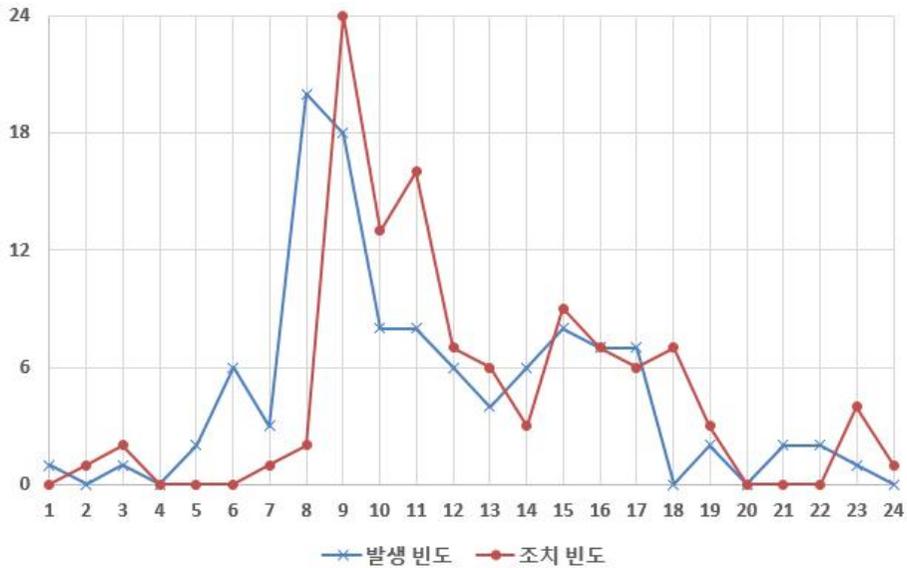
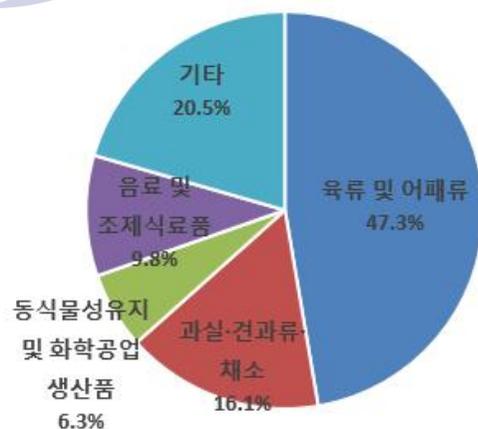


Fig. 20 알람 발생 및 조치 시간대별 분포

품목별 발생 빈도는 육류 및 어패류 53건, 기타 23건, 과실·견과류·채소 18건 등으로 높게 나타났으며, 음료 및 조제 식료품, 동식물성 유지 및 화학공업 생산품이 상대적으로 낮게 나타났다. 이것은 냉동 컨테이너 수요가 주로 육류, 어류 등인 점과 관련되며 부패성이 강한 이들 화물의 특성과도 관련이 된다.

Table 9 품목별 발생 빈도

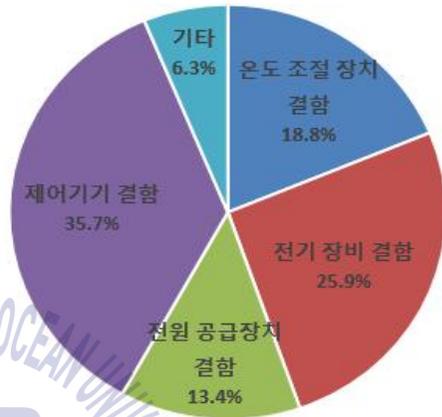
품목명	빈도
육류 및 어패류	53
과실·견과류·채소	18
동식물성유지 및 화학공업 생산품	7
음료 및 조제식료품	11
기타	23



알람 발생 원인은 온도 조절 장치 결함, 전기 장비 결함, 전원공급 장치 결함, 제어기기 결함, 기타 5개 항목으로 분류된다. 원인별 분포는 제어기기 결함(40건), 전기 장비 결함(29건), 온도 조절 장치 결함(21건), 전원공급 장치 결함(15건) 등의 순으로 나타났으며, 기타는 7건으로 빈도가 낮게 나타났다.

Table 10 알람 발생 원인 분포

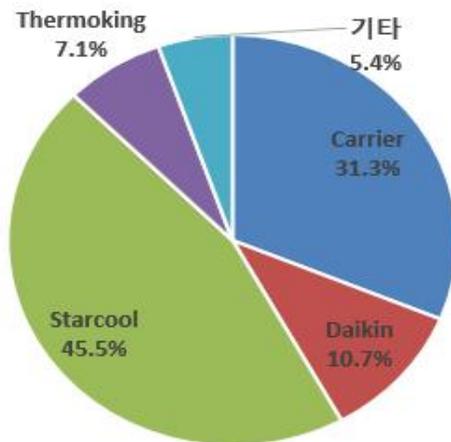
품목명	빈도
온도 조절 장치 결함	21
전기 장비 결함	29
전원 공급장치 결함	15
제어기기 결함	40
기타	7



본 분석의 모니터링 주요 장비는 Thermoking, Starcool, Daikin, Carrier 등 4종이며 그 외 기타로 분류되는 장비들이 있다. 장비 종류별 빈도는 Starcool(51건), Carrier(35건), Daikin(12건), Thermoking(8건), 기타(6건) 순으로 나타났다.

Table 11 모니터링 장비 종류별 알람 빈도

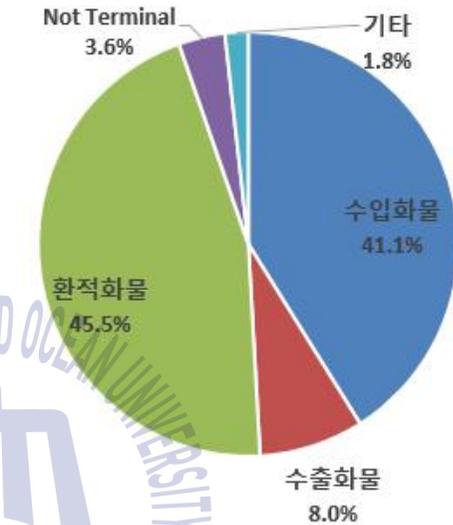
장비종류 빈도	빈도
Carrier	35
Daikin	12
Starcool	51
Thermoking	8
기타	6



아래 Table은 컨테이너 상태별 알람 발생 빈도를 나타낸다. 여기서 컨테이너 상태는 수입, 수출, 환적화물, 터미널 외부 화물, 기타 등으로 분류된다. 알람 발생 빈도는 환적화물(51건), 수입화물(46건), 수출화물(9건), 터미널 외부 화물(4건), 기타(2건)로 나타났다.

Table 12 컨테이너 상태별 알람 발생 빈도

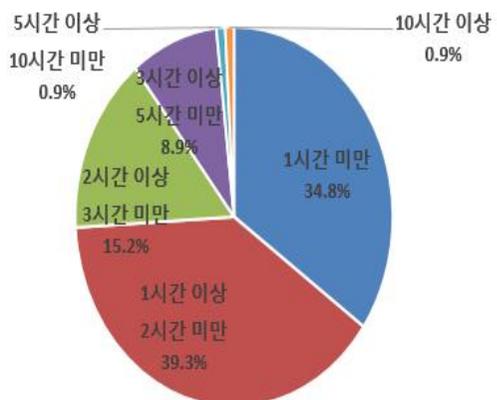
컨테이너 상태	빈도
수입화물	46
수출화물	9
환적화물	51
Not Terminal (터미널 외부 화물)	4
기타	2



아래 Table은 알람 발생 이후 조치까지 소요된 시간 분포를 나타낸다. 1시간 이상 2시간 미만 조치가 44건, 1시간 이내 조치 39건 등의 순으로 나타났다.

Table 13 알람 발생 후 조치 소요시간

조치 소요시간	빈도
1시간 미만	39
1시간 이상 2시간 미만	44
2시간 이상 3시간 미만	17
3시간 이상 5시간 미만	10
5시간 이상 10시간 미만	1
10시간 이상	1



4.3 고장 특성 분석

4.3.1 고장 유형 분석

본 절에서는 알람 발생과 관련된 장비 고장을 내장 품목, 장비 타입, 컨테이너 상태 등으로 구분하여 분석한다.

품목별 고장 유형은 아래 Table과 같다. 육류 및 어패류의 경우 제어기기 결함(16건), 전기 장비 결함(14건), 온도 조절 장치 결함(12건) 등의 순으로 나타났다. 이러한 사실은 품목별 고장 유형 빈도를 보다 넓게 분석하고 그 결과에 따른 예방 정비가 필요함을 의미하기도 한다.

Table 14 품목별 고장원인

구분	온도 조절 장치 결함	전기 장비 결함	전원 공급 장치 결함	제어기기 결함	기타	합계
육류 및 어패류	12	14	7	16	4	53
과실 · 견과류 · 채소	5	6	1	5	1	19
동식물성유지 및 화학공업 생산품	0	2	1	4	0	9
음료 및 조제식료품	4	4	2	1	0	14
기타	0	3	4	14	2	27
합계	21	29	15	40	7	112

다음 Table은 장비 종류별 고장 유형 현황을 나타내고 있다. 가장 높은 발생 빈도를 보이는 Starcool 기종과 Carrier 기종은 유사한 패턴을 나타내고 있다. 두 기종에 있어서 주 고장 유형은 제어기기 결함, 전기 장비 결함, 온도장치 결함 등이다. 이러한 점을 감안하여 장비별 보완점을 파악하고 예방 정비를 강화하는 방안을 고려할 수 있다.

Table 15 장비종류별 고장원인

구분	온도 조절 장치 결함	전기 장비 결함	전원 공급장치 결함	제어기기 결함	기타	합계
Carrier	9	9	5	10	2	35
Daikin	2	1	0	6	3	12
Starcool	8	11	9	21	2	51
Thermoking	1	4	1	2	0	8
기타	1	4	0	1	0	6
합계	21	29	15	40	7	112

4.3.2 조치소요 시간 특성 분석

알람 발생 후 조치까지 소요되는 시간 특성 분석은 컨테이너 상태별, 고장 유형별, 장비 종류별 등을 구분하여 분석하였다.

컨테이너 상태별 조치 소요시간 분포의 특징은 수입 및 환적화물의 경우 1시간 이내, 1시간 이상 2시간 미만에 주로 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 수출화물, 터미널 외부화물, 기타의 경우 조치 소요시간 분포는 발생빈도가 낮은 것으로 나타났다.

Table 16 컨테이너 상태별 조치시간 분포

구분	1시간 미만	1시간 이상 2시간 미만	2시간 이상 3시간 미만	3시간 이상 5시간 미만	5시간 이상 10시간 미만	10시간 이상	합계
수입화물	18	15	8	5	0	0	46
수출화물	2	3	2	2	0	0	9
환적화물	17	23	7	3	1	0	51
Not Terminal	1	3	0	0	0	0	4
기타	1	0	0	0	0	1	2
합계	39	44	17	10	1	1	112

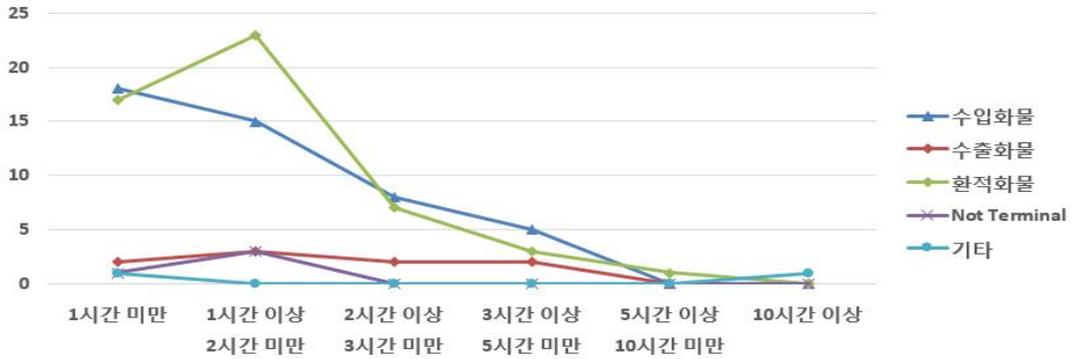


Fig. 21 컨테이너 상태별 조치시간 분포

고장 유형별 조치 소요시간 분포의 특징은 알람 발생 빈도가 가장 높은 제어 기기 결함의 경우 2시간 이내로 조치 소요 시간대 분포가 짧게 나타났으며, 전기 장비 결함의 경우 1시간 이내로 조치 소요 시간대 분포가 매우 짧게 나타났다. 이것은 고장 유형별 요구되는 조치 특성과 일차적으로 관련이 있어 보인다. 즉, 전기장비 및 제어기기 결함의 경우 해당 부품을 단순 교체하는 방법으로 조치되어 조치 소요시간이 짧게 나타났다. 조치 소요시간이 분포의 발생원인을 살펴보면 Firm Ware Version Update 등의 시스템 자체 점검 등으로 조치 소요 시간이 길게 나타났다. 또한, 발생 빈도가 높은 경우 제한된 수리공이 담당하는 업무 부담이 큰 점도 고장 조치 시간대가 길어지는 원인으로 보인다.

Table 17 고장 유형별 조치시간 분포

고장원인별 조치시간	1시간 미만	1시간 이상 2시간 미만	2시간 이상 3시간 미만	3시간 이상 5시간 미만	5시간 이상 10시간 미만	10시간 이상	합계
온도 조절 장치 결함	7	7	4	2	0	1	21
전기 장비 결함	17	8	0	3	1	0	29
전원 공급 장치 결함	3	6	4	2	0	0	15
제어기기 결함	12	21	6	1	0	0	40
기타	0	2	3	2	0	0	7
합계	39	44	17	10	1	1	112

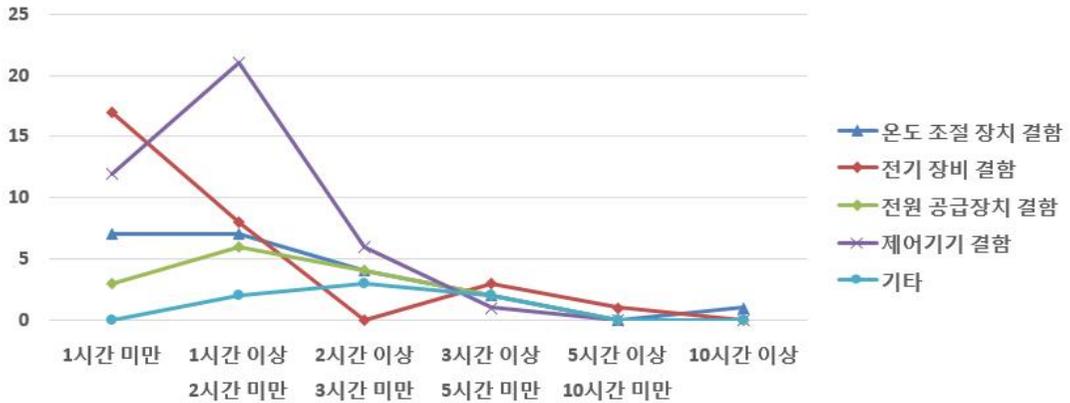


Fig. 22 고장 유형별 조치시간 분포

다음 Table은 장비 종류별 고장 조치시간 분포를 나타내고 있다. 가장 높은 발생 빈도를 보이는 Starcool 기종과 Carrier 기종은 유사한 패턴을 나타내고 있다. 두 기종의 조치시간 분포는 2시간 미만의 짧은 시간대에 집중되면서 10시간 초과까지 넓은 분포를 보인다. 전술한 바와 같이 발생 빈도가 높은 경우 제한된 수리공이 담당하는 업무 부담이 큰 점도 고장 조치 시간대가 길어지는 원인으로 보인다.

이러한 점과 고객의 요구 사항을 파악하여 적정 조치 방안을 마련할 필요가 있다.

Table 18 장비 종류별 조치시간 분포

장비종류별 조치시간	1시간 미만	1시간 이상 2시간 미만	2시간 이상 3시간 미만	3시간 이상 5시간 미만	5시간 이상 10시간 미만	10시간 이상	합계
Carrier	9	14	6	5	0	1	35
Daikin	3	3	4	2	0	0	12
Starcool	21	20	7	2	1	0	51
Thermoking	1	6	0	1	0	0	8
기타	5	1	0	0	0	0	6
합계	39	44	17	10	1	1	112

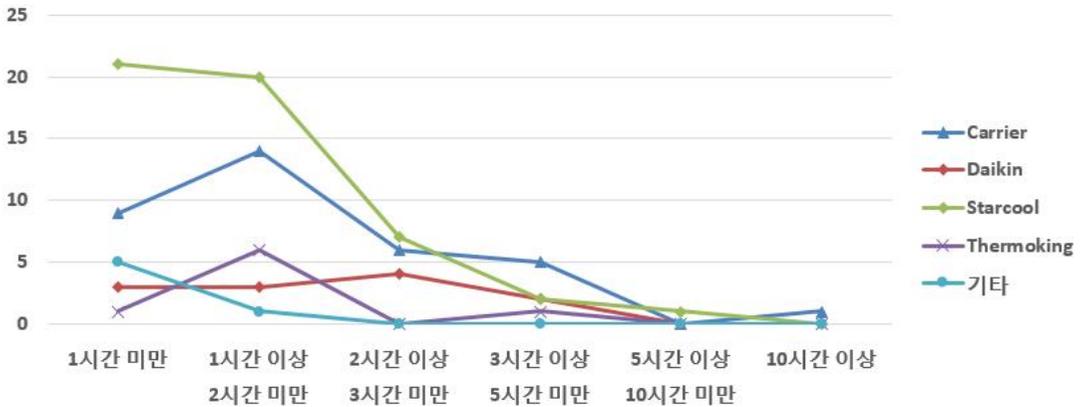


Fig. 23 장비 종류별 조치시간 분포

품목별 조치시간 분포의 특징은 앞서 전술한 바와 같이 부패하기 쉬운 육류 및 어패류의 높은 발생빈도를 보였으며, 육류 및 어패류와 기타는 유사한 패턴을 나타내고 있다. 부패하기 쉬운 품목에 대한 모니터링 강화가 필요하며, 기타 품목에 포함되어 있는 품목 중 높은 발생빈도를 보이는 품목의 관리가 필요하다.

Table 19 품목별 조치시간 분포

품목별 조치시간	1시간 미만	1시간 이상 2시간 미만	2시간 이상 3시간 미만	3시간 이상 5시간 미만	5시간 이상 10시간 미만	10시간 이상	합계
육류 및 어패류	17	23	10	3	0	0	53
과실·견과류· 채소	8	6	2	1	0	1	18
동식물성유지 및 화학공업 생산품	4	1	2	0	0	0	7
음료 및 조제식료품	2	3	2	3	1	0	11
기타	8	11	1	3	0	0	23
합계	39	44	17	10	1	1	112

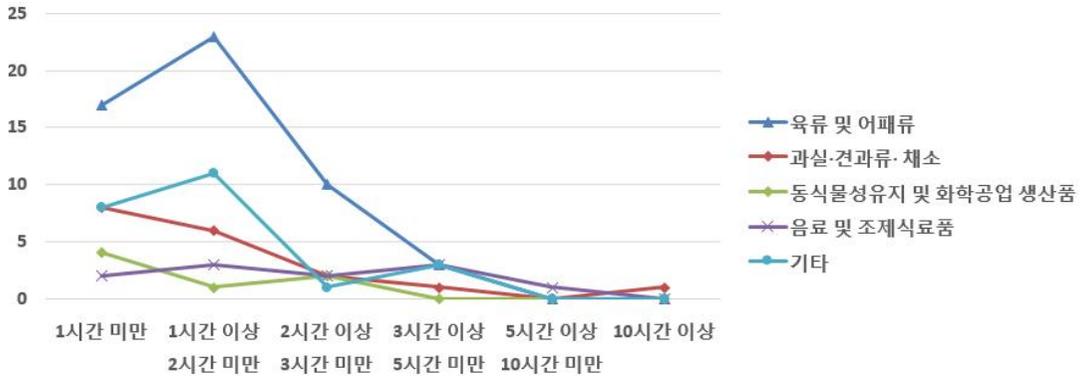


Fig. 24 품목별 조치시간 분포

4.4 일원배치분산분석

4.4.1 분석 개요

본 절에서는 냉동 컨테이너 고장 조치시간이 수집된 자료의 주요 항목 집단 간 차이를 통계적으로 해석하기 위하여 SPSS의 일원배치분산분석을 시행하였다. 일원배치분산분석은 집단이 3개 이상인 모집단의 평균차이 검증에 사용되며 세 개 이상의 집단을 포함하고 있는 독립변수가 하나이고 그 집단들에 의해 집단 간 차이가 있음을 검증하는 통계 방법이다. 일반적인 일원배치분산분석의 모형은 다음과 같다.

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}, \epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

y_{ij} : i 번째 집단의 j 번째 관측치

μ : 전체 평균

α_i : 집단의 고정효과

ϵ_{ij} : 오차항

일원배치분산분석은 표본 평균을 이용하여 모집단의 평균 차이를 검정한다. 집단 간 변동이 집단 내 변동보다 클수록 집단 사이에 유의한 평균차이가 있다고 판단할 수 있는 근거가 커진다. 이 변동들의 제곱 합(Sum of squares)은 표본의 크기가 커질수록 커지기 때문에 이것을 그대로 쓰기보다는 이 제곱 합을

사용 가능한 자료의 개수인 자유도로 나눈 평균을 사용하며, 이를 평균 제곱합(mean square)라고 부른다. 이 두 평균제곱합의 비율로 얻어지는 통계량은 다음과 같이 정의된다.⁴⁾

$$F\text{-검정 통계량} = \frac{\text{집단간평균분산}(MStr)}{\text{집단간평균분산}(MSE)} = \frac{SStr/(c-1)}{SSE/(n-c)}$$

여기서 c 는 집단의 수이고 n 은 총 실험횟수이며, 이 통계량이 $F_{\alpha}(c-1, n-c)$ 보다 크면 귀무가설인 ‘ H_0 : 모든 집단의 평균이 동일하다’를 기각한다. 일반적인 일원배치 분산분석법은 자료들이 정규분포를 따르며 독립임을 가정한다.

4.4.2 실증분석

실증분석에서는 냉동 컨테이너 고장 조치시간이 수집된 자료의 주요항목인 품목, 알람 원인, 장비 종류, 컨테이너 상태, 알람 발생시간에 따라 집단 간 차이가 있는지를 실증분석 하였다.

“냉동 컨테이너 품목, 알람 원인, 장비 종류, 컨테이너 상태, 알람 발생시간을 구성하고 있는 집단에 따라 고장 조치시간에 유의한 차이가 있을 것이다”라는 연구가설을 검증하기 위해 One Way Anova Analysis(일원배치분산분석)을 실시하였다.

냉동 컨테이너의 품목 및 상태를 구성하고 있는 집단 간 고장 조치시간 평균 차이는 유의확률이 0.5보다 큰 것으로 나타나 그룹 간 조치시간의 평균차이는 없는 것으로 나타났다.

알람 요인에 따른 조치시간 평균차이는 유의확률이 0.006으로 나타나 알람원인 별로 고장 조치시간의 평균 차이가 있는 것으로 나타났다. 각 변수의 평균 조치시간은 기타 2.443, 전원 공급장치 결함 1.853, 전기장비 결함 1.609, 제어기기 결함 1.468, 온도조절장치 결함 1.211 순으로 나타났다.

장비 종류에 따른 조치시간 평균차이는 유의확률이 0.006로 나타나 장비종류별 고장 조치 시간의 평균차이가 있는 것으로 나타났다. 각 변수의 평균 조치

4) 최경미, 2012, 임상시험에서 사용되는 기본 통계개념에 관한 고찰, 임상약리학회지

시간은 Daikin 1.917, Carrier 1.717, Thermoking 1.538, Starcool 1.431, 기타 0.750 순으로 나타났다.

알람 발생시간대에 따른 조치시간 평균차이는 유의확률이 0.001로 나타나 알람 발생시간에 따라 고장 조치시간의 평균차이가 있는 것으로 나타났다. 각 변수의 평균 조치시간은 ‘18시에서 24시 사이’ 2.457, ‘0시에서 6시 사이’ 2.275, ‘6시에서 12시 사이’ 1.600, ‘12시에서 18시 사이’ 1.205 순으로 나타났다.

Table 20 일원배치 분산분석 결과

구분	평균	표준편차	F	유의확률	
품목	육류 및 어패류	1.545	0.796	1.143	0.340
	과실·견과류·채소	1.344	0.766		
	동식물성유지 및 화학공업 생산품	1.271	0.763		
	음료 및 조제식료품	1.991	1.179		
	기타	1.565	0.96		
알람원인	전기장비 결함	1.609	0.969	3.83	0.006
	온도조절장치 결함	1.211	0.85		
	전원 공급장치 결함	1.853	0.896		
	제어기기 결함	1.468	0.688		
	기타	2.443	0.881		
장비종류	Carrier	1.717	0.845	2.485	0.048
	Daikin	1.917	1.107		
	Starcool	1.431	0.836		
	Thermoking	1.538	0.75		
	기타	0.75	0.243		
컨테이너상태	수입	1.1	0.849	0.795	0.531
	수출	1.541	0.917		
	환적	1.989	1.012		
	Not terminal	1.5	0.828		
	기타	1.35	0.465		
알람발생시간대	0시에서 6시 사이	2.275	1.237	6.308	0.001
	6시에서 12시 사이	1.6	0.884		
	12시에서 18시 사이	1.205	0.642		
	18시에서 24시 사이	2.457	0.741		

4.5 시사점 및 개선방안

위의 분석을 통해 도출해 볼 수 있는 시사점은 다음과 같다. 우선 알람 발생 및 조치의 시간대별 분포 분석을 통해 근무 시간대에 많은 알람이 발생하는 것을 알 수 있고, 이른 아침 시간대에 조치 빈도가 높은 것은 심야 혹은 새벽 시간대에 발생한 알람들에 대해 조치가 익일 이른 시간에 이루어졌음을 유추해 볼 수 있다. 심야 시간은 특히 취약한 시간대로 해당 시간대에 발생하는 알람에 대해 조금 더 원활한 조치가 이루어질 수 있도록 야간 당직 체계를 수립하여 운영하고, 그룹에도 인원 부족 등 물리적으로 모든 알람에 대해 응대할 수 없을 땐 알람의 종류별로 단계를 설정하여 중요도가 높은 알람부터 처리할 수 있도록 하는 등의 시스템적인 보완이 필요하다고 할 수 있겠다.

다음으로 알람의 발생 원인별 분석을 살펴보면 다양한 원인이 있으나 그중에서도 특히 제어기기 결함, 즉 RCM 장비의 결함 비율이 높은 것을 통해 아직은 이 알람 장비가 시스템적으로 완전무결하지 않으며 그 고장 발생빈도가 높음을 알 수 있다. 해당 장비의 가동률과 신뢰성을 높이기 위해선 장비의 오작동률을 낮추는 등의 개선이 필요하다고 할 수 있겠다. 또한, 아직 이러한 장비를 부착하여 운영 중인 선사가 많지 않음에 착안하여 해당 알람 장비를 국산 기술로 개발하고 사용을 확대시킬 수 있을지의 여부도 검토해 볼 만한 가치가 있다고 판단된다.

또한 위에서 살펴본 냉동 컨테이너의 기종별 성능은 Starcool, Thermoking, Daikin, Carrier 순으로 나타났으나 기종별 알람의 비율은 Starcool社의 비중이 가장 높은 것으로 보아 냉동기의 성능과 알람 발생 빈도 상호 간에는 큰 연관이 없다고 할 수 있으며 해당 선사가 어느 모델의 냉동 컨테이너를 더 많이 소유하고 있는지가 장비 종류별 알람 빈도에 더 유의미한 변수라고 할 수 있겠다.

컨테이너의 상태별 알람 발생 빈도와 조치까지 소요된 시간에 따른 분포를 살펴보면 환적 화물 및 수입 화물에 대해 1시간 이상 2시간 미만의 시간에 조치를 완료한 내용이 가장 많았다. 환적화물과 수입화물의 경우 대부분 선적 또는 상차 및 반출 등의 후속 작업이 촉박하여 이를 지연시키지 않기 위해, 기타 다른 조건이 동일하거나 비슷할 경우, 우선순위를 두어 처리한 결과라고 볼 수 있겠다.

제 5 장 결 론

시대의 변화에 따른 소비패턴의 변화와 신선식품에 대한 수요 증가 등 다양한 원인에 의해 전 세계적으로 냉동 컨테이너에 대한 수요는 증가 추세에 있다. 그에 따라 냉동 컨테이너의 성능에 대한 관심도 높아지고 있으며 냉동 컨테이너 안의 화물을 온전하게 보전할 방법, 즉 냉동 컨테이너 모니터링의 중요성에 대해서도 관심이 높아지고 있다.

냉동 컨테이너는 화물이 갖는 특수성 때문에 컨테이너에 손상이 발생할 경우 이를 초기에 발견하여 대응하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 하지만 현재의 모니터링 시스템이 갖는 한계점 때문에 컨테이너가 장치되어 있거나 이동하는 모든 상황에서 단시간 내에 대응하는 것은 현실적으로 어려움이 따른다.

따라서 본 연구에서는 부산항 냉동 컨테이너 처리현황 및 시설 현황 분석과 냉동 컨테이너 모니터링 사례 분석을 통해 냉동 컨테이너 항만 하역시장의 현황 분석을 수행하였다. 이후, RCM 시스템 운영 선사의 냉동 컨테이너 고장 현황, 고장 유형 분석, 일원배치분산 등의 실증분석을 수행을 통해 냉동 컨테이너 모니터링 시스템의 개선방안을 제시하고자 한다.

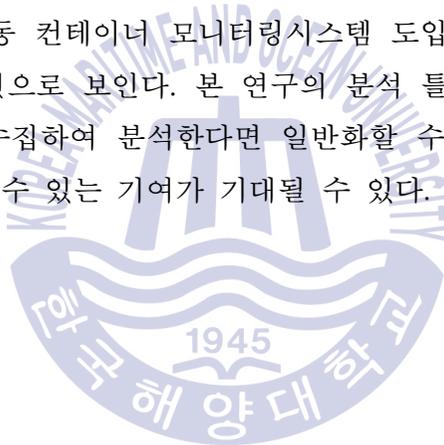
실증분석 결과에 따른 시사점은 다음과 같다.

냉동 컨테이너 고장 알람은 근무 시간대에 많은 발생하는 것으로 나타났으며, 이른 아침 시간대에 조치 빈도가 높은 것은 심야 혹은 새벽 시간대에 발생한 알람들에 대해 조치가 익일 이른 시간에 이루어졌음을 유추해 볼 수 있다. 심야 시간은 특히 냉동 컨테이너 고장에 대해 조치가 취약한 시간대로 해당 시간대에 발생하는 알람에 대해 원활한 조치가 이루어질 수 있도록 야간 당직 체계를 수립 및 알람의 종류별로 단계를 설정하여 중요도가 높은 알람부터 처리할 수 있도록 하는 등의 시스템적인 보완이 필요하다.

알람의 발생 원인별 분석을 살펴보면 RCM 장비의 결함 비율이 높은 것으로 나타났다. RCM 장비의 가동률과 신뢰성을 높이기 위해선 장비의 오작동률을 낮추는 등의 개선이 필요하다. 또한, 아직 RCM 모니터링 시스템 및 장비는 도입 초기로써 운영 중인 선사가 많지 않다. 따라서 냉동 컨테이너 모니터링 시스템 및 장비 기술개발 지원을 통해 국내 컨테이너 터미널에 적용이 필요하다.

본 연구는 아직 도입 초기 단계에 있는 냉동 컨테이너 모니터링 시스템을 통한 고장 자료를 입수하여 그 특성을 분석하고 개선 방안을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 그러나 아직까지 연구에 필요한 자료를 입수할 수 있는 현상이 극히 제한되어 있고 자료를 입수하는데도 현실적인 어려움이 있어서 제한된 자료에 의존하여 분석을 수행하였다. 이러한 점은 분석 결과를 일반화하는 데 한계가 있음을 의미하기도 한다.

따라서 향후에는 냉동 컨테이너 모니터링 시스템 도입이 확대됨에 따른 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 연구의 분석 틀을 바탕으로 보다 다양하고 방대한 자료를 수집하여 분석한다면 일반화할 수 있는 결과를 도출하고 시스템 개선에 적용될 수 있는 기여가 기대될 수 있다.



참고문헌

김진우, 2007, 광범위한 입력전압 범위를 가진 RRMS용 전원장치 설계, 한국해양대 박사학위 논문.

국토교통부, 2014, 화물 컨테이너의 상태 정보 실시간 모니터링 기술 개발에 관한 연구.

문영식, 최성필, 이은규, 김태훈, 이병하, 김재중, 최형립, 2015, M2M 통신을 이용한 실시간 냉동 컨테이너 제어 장비, 한국정보통신학회논문지, Vol 14(9).

박상갑, 박용길, 신영란, 2012, 冷凍컨테이너 貨物損傷의 改善方案에 관한 研究, 한국항해항만학회, Vol 3(10).

이성준, 이원창, 2012, 냉동 컨테이너 모니터링 시스템을 위한 모바일 서비스 구현, 한국정보기술학회 논문지, Vol 10(7).

이재진, 2015, “냉동 컨테이너용 냉동장치의 성능 비교에 관한 실험적 연구”, 부경대학교 석사학위논문.

최경미, 이종태, 전상일, 홍태곤, 백정기, 한승훈, 임동석, 2012, 임상시험에서 사용되는 기본 통계개념에 관한 고찰, 임상약리학회지, Vol 21(2).

최성필, 정준우, 문영식, 김태훈, 이병하, 김재중, 최형립, 이은규, 2014, 실시간 냉동컨테이너 관리 시스템 개발, 한국정보통신학회논문지, Vol 19(12).

부산항 신항 각 터미널 운영사 홈페이지 자료.

국가지표체계, www.index.go.kr.

위키피디아, https://en.wikipedia.org/wiki/Vapor-compression_refrigeration.

부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계.