

Smart Cold Chain을 위한 이동 컨테이너 관리 기법 연구+

박진희^{0*} 김영찬^{**}
 전자부품연구원^{0*}, LS산전^{**}
 pjhe@keti.re.kr, yckimc@lss.biz

Study on Mobile Container Management for Smart Cold Chain

Jinhee Park^{0*} Youngchan Kim^{**}
 *Korea Electronics Technology Institute
 **LS Industrial Systems

요 약

웰빙문화의 확산으로 안전한 식자재에 대한 소비자의 욕구가 대두되면서 온도와 습도 등의 환경 인자에 민감한 식자재, 의약품, 혈액 등의 물류 유통 상의 신선하고 안전한 환경을 제공할 수 있도록 냉동/냉장 이동 컨테이너 안의 온도와 습도 등의 환경 상태 등을 관리하기 위한 센서 네트워크를 적용한 냉동/냉장 컨테이너의 관리 기법을 연구한다.

1. 서론

웰빙문화의 확산으로 안전한 식자재에 대한 소비자의 욕구가 대두되면서 유기농 제품과 같이 재배환경 측면의 관점에서 생산자에서 소비자에 이르는 전 과정의 철저한 관리를 통해 소비자에게 신선하고 안전한 식자재를 공급하고자 하는 유통물류과정의 전체 관점으로 그 요구가 확산되고 있다. 또한 이러한 소비자의 욕구가 대두되면서 유기농 제품과 같이 재배환경 측면의 관점에서 생산자에서 소비자에 이르는 전 과정의 철저한 관리를 통해 소비자에게 신선하고 안전한 식자재를 공급하고자 하는 유통물류과정의 전체 관점으로 그 요구가 확산되고 있다. 이에 온도와 습도 등의 환경 인자에 민감한 식자재, 의약품, 혈청·혈액의 유통환경과 제조환경에 민감한 반도체 공정에서도 적용할 수 있도록 Cold Chain 환경에서 온도·습도와 같은 환경정보를 습득·처리 할 수 있는 Cold Chain 환경 센싱 기반기술 개발이 필요하다. 이에 본 논문에서는 온도와 습도등 환경에 민감한 물류시스템의 유통을 위하여 Smart Cold Chain을 위한 이동형 냉동/냉장 Container의 환경 관리를 위한 센서 프로비저닝에 관한 연구를 수행한다.

2. 기존 연구

신선하고 안전한 물류 유통을 위해 기존의 연구가 다수 수행되어 왔다. 2006년부터 월마트는 장거리 이동체 텔레메틱스를 위해 GE의 Veriwise™을 적용하고 있으며, GE의 Veriwise™ Asset intelligence는 트레일러가 트랙터에 연결되지 않은 상태에서도 적정한 시간간격의 트레일러 장비 모니터링을 할 수 있는 시스템으로서, ORBCOMM의 저궤도 위성통신망을 활용하고 있다.



그림 2. 월마트의 Veriwise 솔루션

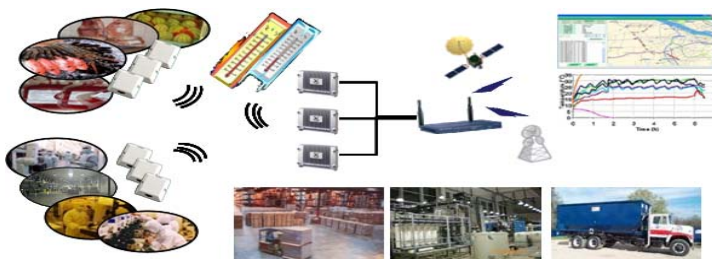


그림 1. Cold Chain 환경센싱 기반기술 개념도

미국의 Deloitte는 제조지역이나 생산지역으로부터 물건을 트래킹 할 수 있고 온도, 가스 농축, 또는 다른 환경 변수들이 허용 범위를 넘어설 경우 빠르게 알릴 수 있고 자동화된 조치를 취할 수 있도록 해주는 Intelligent Cold Chain 시스템을 개발하였다. 또한 생산품을 실시간으로 여러 지점에서 모니터링이 가능하고 재고 조사를 통해서 자동적으로 보충할 수 있는 구조를 제공하도록 연구하고 있다. 특히 CO2와 O2 센서를 장착하여 보관/유통되고 있는 환경을 모니터링하고 있다.

+ 본 연구는 지식경제부 전략기술개발사업 ‘Smart Cold Chain 기술 개발’ 과제의 지원으로 이루어졌음

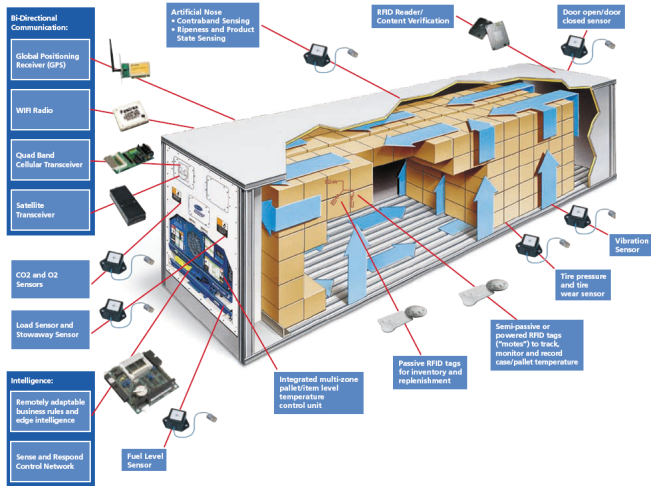


그림 3. Deloitte사의 Intelligent Cold Chain 시스템

독일의 Bremen 대학은 German Research Foundation (DFG)의 지원을 받아 무선 센서, 지능형 RFID, 지능형 Sensor, 지능형 Container 등의 연구를 수행하고 있다. 특히 Food Chain에서의 온도 특성에 대해서 중점을 두어 연구하는데 각 데이터 수집 장치의 성능 분석 및 컨테이너 위치에 따른 온도 특성, 센서 부착 위치에 따른 온도 분석 등에 대한 연구를 활발히 수행 중이다.

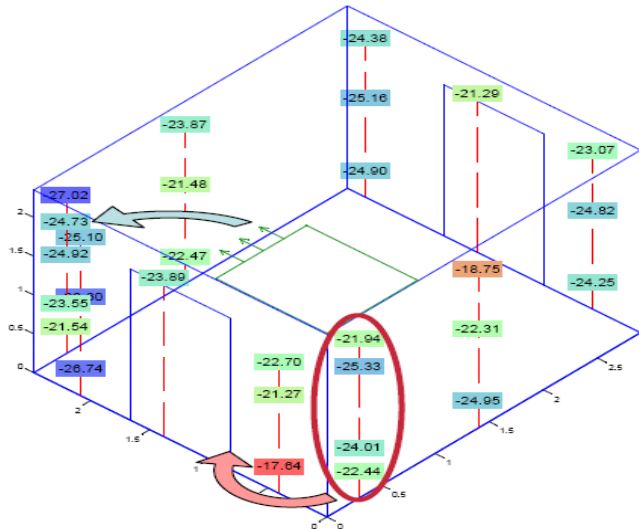


그림 4. Food Chain에서의 온도 특성 분석 개념

독일의 ZLB plasma Service는 Envirotainer의 RAP t2 컨테이너를 사용하여 영하 20도 이하에서의 혈장 관련 상품의 배송상의 안정성을 확인하기 위한 3단계의 효과적인 방법의 연구를 수행하고 있다. 이 연구는 Envirotainer RAP t2 솔루션의 온도 특성을 파악하고 영하 20도 이하에서 상품을 유지하기 위한 방법을 연구하고 컨테이너 안에서의 온도 변화에 따른 특성의 테스트를 수행하고 있다.



그림 5. ZLB Plasma Service의 컨테이너 테스트 예

3. 실태환경 조사

실제 냉동/냉장 이동형 컨테이너의 보관/유통 환경을 살펴보기 위해 실태환경 조사를 수행하였다. 냉각기가 동작하는 환경의 Container의 빈 포장박스 20개에 passive Tag, Active Tag, 온도계를 하나씩 장착하였다. 그리고 빈 포장박스 25개와 태그가 들어있는 박스 20개를 차량에 탑재하였다.



그림 6. 實환경 시험 환경

냉장/냉동 운반차량 (Container)안에서의 시간별 위치별 온도 변화는 다음과 같은 결과가 나타났다.

4시 17분	1층 상자		2층 상자		3층 상자		
	26.4	24.9	26.7	27.2	27.0	26.6	24.7
				27.2		25.9	
		x				26.4	25.1
				27.5	25.6		26.9
	25.9	24.9					

5시 38분	1층 상자		2층 상자		3층 상자		
	5.3	8.6					-0.8
				2.5	7.2		
					8.5		-0.3
		x					4.7
				9.7	5.4		10.2
	5.8	5.4		4.9			

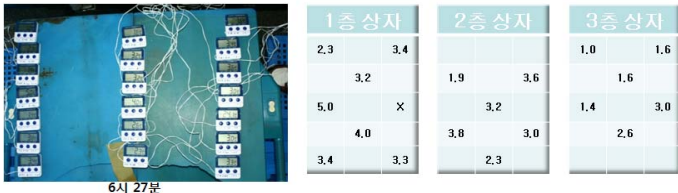


그림 7. 냉동식품 운반차량 (Container) 안에서의 위치별 온도변화 시험

처음 온도 측정 시간 (4시 17분)에는 1층의 (1,1)의 상자가 26.4°C이고, 3층의 (1,1) 상자는 26.6°C로 0.2°C의 차이만 나타났다. 그러나 1시간이 초과한 5시 38분에는 1층의 (1,1) 상자는 5.3°C이고 3층의 (1,1) 상자는 -0.8°C로 -6.1°C나 차이가 발생했다. 그리고 1시간 정도 후의 6시 27분에는 1층의 (1,1) 상자는 2.3°C이고 3층의 (1,1) 상자는 1.0°C로 1.3°C의 차이가 발생했다. 이와 같은 결과는 시간에 따라 위치에 따라 각기 다른 온도로 보관되고 있다는 사실을 나타내 주고 있으며 동일한 온도와 습도 등의 조건하에서 관리되어야 하는 동일한 물건이 보관/유통된다고 했을 경우 각기 다른 온도 하에서 관리가 되어 제품의 신선도와 상태가 달라질 수 있다는 결론에 이르게 되었으며, 실시간 Container 안의 상황 관리에 대한 필요성이 절실함을 보여준다.

4. Container 환경 센싱 네트워크 모델링

본 장에서는 기존 연구와 실태환경 조사를 바탕으로 Container를 모니터링 할 수 있도록 센서 네트워크를 통한 모델링을 제안한다.

4.1 Container 센서 네트워크 프로비저닝

Smart Cold Chain을 위한 이동형 냉동/냉장 Container의 환경 모니터링을 위한 센서 프로비저닝 모델은 다음과 같다. 냉동/냉장 Container의 냉각기로부터의 위치에 따라 각기 다른 온도를 나타내고 있음이 실태환경 조사에도 나타나 있다. 이를 위해 그림 7과 같이 Container의 각 포인트에 온도/습도를 센싱할 수 있는 센서와 도어 센서를 장착하여 다음과 같이 모델링 하였다. Container는 전방향에서 TP (Top), F (Front), B (Back), R (Right), BT (Bottom), DL (Door Left)로 나눌 수 있다. 그림 6에서와 같이 Container의 냉각기는 Right-Top에 위치해 있으므로 TP-R의 지점에 T/H S1 센서를 Data Collector로 설정하여 기준 센서를 만든다. T/H는 Temperature/Humidity의 약어이며 노란색 원으로 표기된 ST는 SensorTag를 나타낸다. 본 논문에서는 실제 물류에 태깅된 SensorTag로부터의 온도/습도 정보보다 Container 관리용으로 별도로 프로비저닝된 센서들로부터의 값을 모니터링하는 것을 목적으로 한다. D로 표기한 센서는 Door 개폐 센서로서, 마그네틱 센서를 사용하여 Container Door의 개폐를 감시한다.

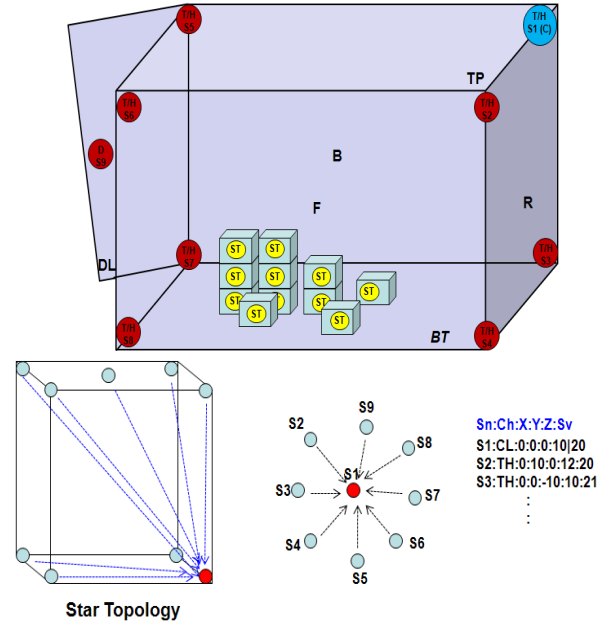


그림 8. Container 관리용 센서 네트워크 프로비저닝

그림 8과 같이 Container 관리용 센서 네트워크는 성형 구조 (Star Topology)의 네트워크로 프로비저닝 된다. IEEE802.15.4 RF 트랜시버를 장착한 각 온도/습도 센서는 10m 이상의 통신 커버리지를 가지고 있기 때문에 Container의 크기에 대하여 성형 구조가 적합하다. S1 센서는 T/H 센서로 동작하며 또한 센서 데이터 수집기로 동작하며 원격 전송 게이트웨이에 장착 된다.

4.2 위치기반 환경 모니터링

Container에 프로비저닝된 센서로부터 얻은 온도/습도 값과 위치 값을 매핑시켜 위치별 온도/습도 정보를 얻을 수 있다. 위치 정보는 데이터 수집기로부터 상대 위치의 값을 매핑시키며, (X, Y, Z)의 3차원 좌표로 표기된다. 그림 8과 같이 데이터 포맷은 “Sn:Ch:X:Y:Z:Sv”와 같으며 Sn은 센서 ID, Ch는 특성, X:Y:Z은 데이터 수집기로부터 3차원 상대 좌표가 되며, 마지막으로 Sv는 센싱값이다. 3차원 상대 좌표는 센서의 프로비저닝시, 센서의 펌웨어에 고정으로 세팅할 수 있으며, 또한 동적으로 설정 할 수 있도록 데이터 수집기로부터 무선으로 좌표를 받을 수 있다.

표 1. 10*10*20 Container 일 경우(예)

Sensor	Characteristics	X	Y	Z	Value (TH) or (C/C)
S1	TH	0	0	0	0:20
S2	TH	10	0	0	2:22
S3	TH	0	0	10	2:21
S4	TH	0	20	10	4:20
S5	TH	0	20	0	3:22
S6	TH	10	22.4	0	5:23
S7	TH	0	20	22.4	3:22
S8	TH	10	22.4	10	2:21
S9	DR	5	20.6	5	O

5. 결론

본 논문에서는 온도와 습도 등 환경 인자에 민감한 신선물류의 운반 Container의 최적 환경을 모니터링할 수 있는 방안에 대해 연구하였다. 독일이나 미국 등 기술 선진국에서는 이미 이 분야에 대해 다수의 선행 연구를 수행하고 있다. 이를 위해 본 논문에서는 냉동/냉장 Container에 온도와 습도 등을 센싱할 수 있는 센서와 마그네틱 센서를 이용한 Door 개폐 센서 등을 프로비저닝하여 실시간으로 최적의 환경을 모니터링 할 수 있는 방안을 연구하였다. 본 연구는 지식경제부 전략기술개발사업의 “Smart Cold Chain 기술 개발” 과제를 통하여 수행되었으며, 향후 본 과제를 추후 진행하면서 실제 Container에 적용하여 實환경 시험을 통하여 결과를 검증하고 최적화하는 방안을 향후 연구과제로 삼아 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] Harish Ramamurthy and Asad M. Madni, “Wireless Industrial Monitoring and Control using a Smart Sensor Platform”, IEEE Sensors Journal, 2007.
- [2] SecuriFood, “The cold chain under control“, <http://www.securifood.com>
- [3] Deloitte, “Intelligent Cold Chain - Capturing the Value of Pervasive Computing for Supply Chain Transformation“, 2006.4, <http://www.deloitte.com>
- [4] Cool Chain Group, <http://coolchaingroup.com>
- [5] MCB, “Intelligent Container“, <http://www.intelligentcontainer.com>
- [6] Ceebron Pty Ltd, “SmartTrace™“, <http://smart-trace.com>