

UWB를 이용한 스마트 물류 시스템 구축

김호재¹, 공다인², 김가은², 김수민²

¹울산대학교 조선해양공학과 학부생

²울산대학교 IT융합학부 IT전공 학부생

hsteelq1104@naver.com, skydain918@naver.com, rlarkdms0724@naver.com, sisumin0607@naver.com

Building a Smart Logistics System Using UWB

Ho-Jae Kim¹, Da-in Kong², Ga-Eun Kim², Su-Min Kim²

¹Department of Shipbuilding and Marine Engineering, Ul-San University

²Department of IT Convergence, Ul-San University

요 약

이 시스템은 UWB(Ultra Wide-Band) 기술을 활용한 실시간 컨테이너 추적 시스템을 제안한다. 본 시스템은 컨테이너의 위치를 실내 환경에서 정밀하게 모니터링하며, 온도와 습도와 같은 환경 데이터를 수집하고, 설정된 범위를 벗어나는 경우 즉시 알람을 제공한다. 이는 기존 GPS 기반 시스템의 실내 정확도 문제와 환경 요인 관리의 한계를 극복하기 위해 설계되었으며, 물류 프로세스의 효율성을 향상시키고 화물의 품질을 유지하는 데 중점을 둔다. 모든 데이터는 Firebase에 저장되어 모바일 애플리케이션을 통해 실시간 모니터링이 가능하다.

Key words : UWB, 실시간 컨테이너 추적, 모니터링, 효율성 향상, 실시간 데이터 저장

1. 서론

글로벌 물류 산업의 성장과 함께 물류 관리의 정확성과 효율성에 대한 요구가 증가하고 있다. 특히, 해운 물류에서의 컨테이너 위치 추적과 화물 상태 모니터링은 물류 프로세스의 효율성을 높이고 화물 품질을 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 그러나 기존 GPS 기반 시스템은 실내 환경에서 신호 간섭과 정확도 저하로 인해 한계가 있다.

이 문제를 해결하기 위해 UWB(Ultra Wide-Band) 기술을 활용한 정밀 위치 추적 및 실시간 상태 모니터링 시스템이 필요해졌다. UWB 기술은 높은 정밀도와 전파 간섭 최소화 등의 장점으로 실내 환경에서도 안정적인 위치 추적이 가능하며, 실시간으로 컨테이너의 위치와 상태를 모니터링하여 물류 프로세스의 투명성과 효율성을 크게 향상시킨다.

본 논문에서는 UWB 기술을 기반으로 한 스마트 물류 시스템과 이를 활용한 컨테이너 추적 시스템을 제안하며, 이 시스템은 물류 관리의 신뢰성을 높이고 운영 비용을 절감할 수 있는 혁신적인 솔루션을 제공한다. 이 논문의 구성은 2장에서 실시간 컨테이너 추적 시스템을 소개하고, 3장에서 시스템 성능을 테스트하여 검증한 후, 4장에서 결론을 제시한다.

2. 실시간 컨테이너 추적 시스템

본 연구에서 개발된 실시간 컨테이너 추적 시스템은 그림 1과 같이, UWB(Ultra Wide-Band) 통신을 활용하여 컨테이너의 위치와 환경 정보를 실시간으로 모니터링하는 구조로 설계되었다. 이 시스템은 컨테이너 내부와 외부에 설치된 센서와 UWB 태그를 통해 위치 및 온도, 습도 등의 환경 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 무선으로 전송한다. 수집된

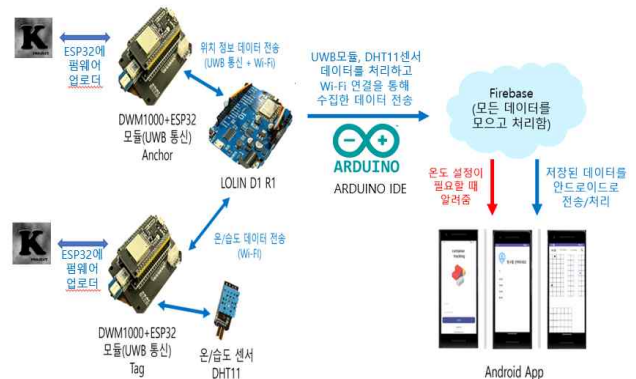


그림 1. Real-time Container Tracking System

정보는 모니터링 서버로 전송되어 분석되며, 사용자는 이를 모바일 애플리케이션을 통해 실시간으로 확인한다. 시스템은 낮은 전력 소비와 신호 간섭을 최소화하여 안정적으로 동작하며, 물류 관리의 효율성과 신뢰성을 크게 향상시킨다.

2.1. 컨테이너 위치 상태 정보 수집·제어 장치

컨테이너 위치 상태 정보 수집·제어 장치는 컨테이너의 위치와 상태 정보를 실시간으로 수집하고 관리하는 핵심 장치이다. UWB 통신 모듈을 통해 컨테이너의 위치를 정확하게 파악하고, 내부의 환경 센서를 통해 온도, 습도 등의 데이터를 실시간으로 수집한다. 이 장치는 수집된 데이터를 처리해 중앙 서버로 전송하거나 즉각적인 제어를 수행하며, 낮은 전력 소비와 높은 신뢰성으로 연속적인 모니터링을 지원한다.

2.2. 센서 태그

센서 태그는 컨테이너 내부에 부착되어 온도, 습도, 진동 등의 환경 데이터를 실시간으로 수집하고 모니터링하는 장치이다. UWB 통신으로 데이터를 전송하며, 극한 환경에서도 안정적으로 작동하도록 설계되었다. 이 태그는 화물의 품질 유지와 손상 최소화에 중요한 역할을 한다.

2.3. 실시간 컨테이너 위치 상태 정보 모니터링 서버

실시간 컨테이너 위치 상태 정보 모니터링 서버는 Firebase를 사용해 컨테이너의 위치와 환경 정보를 중앙에서 관리하는 시스템이다. UWB 통신으로 수집된 데이터를 실시간으로 받아 분석하고, 모바일 애플리케이션을 통해 사용자에게 제공한다. 사용자는 컨테이너의 위치, 온도, 습도 상태를 실시간으로 확인할 수 있으며, 설정된 기준을 벗어나는 경우 즉시 알림을 받는다.

3. 실증 테스트

3.1. 실험 환경

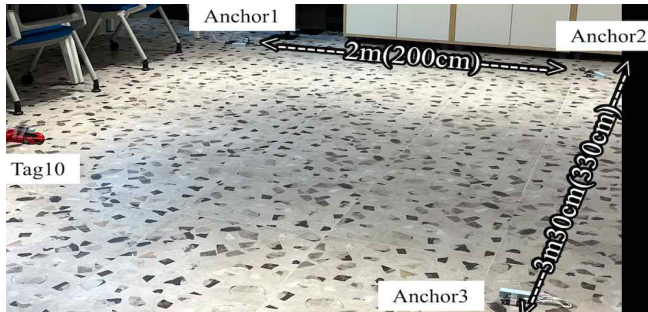


그림 2. Device attachment position

실증 테스트의 실험 환경은 그림 2와 같다. UWB(Ultra Wide-Band) 기술의 정확성과 실효성을 평가하기 위해, 실내 테스트 공간에 3개의 UWB 앵커를 배치하여 경계를 형성하였고, 이 앵커들이 RC카에 부착된 태그와 실시간으로 통신하여 위치 정보를 수집한다. RC카는 컨테이너의 움직임을 시뮬레이션하는 데 사용되었다.

3.2. 실시간 위치 추적 결과

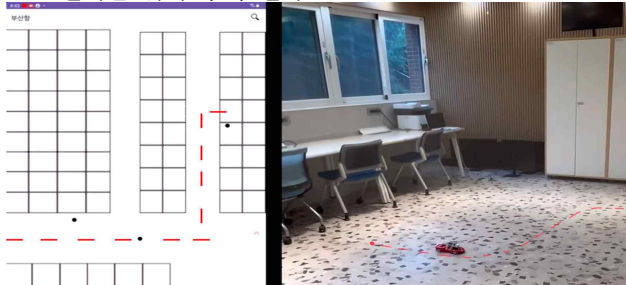


그림 3. Path according to RC car movement

RC카는 다양한 속도와 경로로 이동하면서 태그로부터 전송된 위치 정보가 앵커에 의해 실시간으로 수집되었다. 그림 3에서 볼 수 있듯이, RC카의 이동 경로는 여러 구간을 포함하며, 각 구간에서 실시간으로 측정된 위치 데이터가 Firebase에 저장되어 모바일 애플리케이션을 통해 실시간으로 모니터링되었다. 실험 결과, UWB 기반 위치 추적 기술

	실측(x, y)	데이터(x, y)	오차
Tag10 #1	(0, 176)	(0, 180)	(0, 4)
Tag10 #2	(53, 178)	(50, 180)	(3, 2)
Tag10 #3	(81, 183)	(75, 180)	(6, 3)
Tag10 #4	(98, 181)	(100, 180)	(2, 1)
Tag10 #5	(145, 183)	(150, 180)	(5, 3)
Tag10 #6	(146, 64)	(150, 70)	(4, 6)
Tag10 #7	(167, 68)	(170, 70)	(3, 2)

표 1. Error between measurement and data

은 실내 환경에서 높은 정확도를 보였으나, 일부 구간에서 소정의 오차가 발생하였다.

표 1은 측정된 위치와 수집된 데이터 간의 오차를 나타낸다. 각 측정 지점에서의 실측값과 수집된 데이터값을 비교한 결과, 평균적으로 (0, 4)에서 (6, 3) 사이의 오차 범위가 확인되었다. 오차는 특히 Tag10 #3과 Tag10 #6에서 크게 나타났으며, 이는 RC카가 직선으로 가다가 꺾는 방향에서 크게 발생한 것으로 판단된다.

표 1의 데이터를 기반으로 오차를 분석해보면, X축 방향의 오차는 평균 약 3.29cm, Y축 방향의 오차는 약 3.0cm로 측정되었다. 이 결과는 UWB 기술이 제공하는 위치 추적 성능이 실내 환경에서 실용적으로 사용할 수 있을 만큼의 신뢰성을 가진다는 것을 시사한다. 다만, 오차를 줄이기 위한 추가적인 보정 및 보완 알고리즘의 도입이 필요할 것으로 보인다. 이 분석을 통해 UWB 기반의 실시간 위치 추적 기술이 실제 물류 환경에서 적용 가능성을 확인하였으며, 추가적인 테스트를 통해 더욱 정교한 시스템을 구축할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구는 UWB 기술을 활용해 실시간으로 컨테이너의 위치를 추적하고 상태를 모니터링하는 시스템을 개발하여 성능을 테스트했다. 기존 GPS 시스템이 실내 환경에서 정확성에 한계를 보인 반면, UWB 기술은 높은 정밀도와 신뢰성으로 안정적인 위치 추적을 가능하게 했으며, 온도와 습도 등 환경 정보를 실시간으로 수집해 화물의 품질 유지와 손상 방지에 효과적임을 확인했다.

실험 결과, UWB 기반 시스템은 RC카를 이용한 시뮬레이션에서 다양한 경로와 속도에서도 정확한 위치 추적을 구현하며, 오차가 미미한 수준임을 보여주었다. 더불어, 환경 요인에 대한 실시간 모니터링 기능도 효과적으로 작동했으며, 설정된 범위를 벗어날 경우 즉각적인 알림이 전송되었다.

이 연구는 UWB 기술이 물류뿐만 아니라 스마트 공장, 창고 관리, 유통 산업 등 다양한 분야에서 활용될 가능성을 보여준다. 시스템은 물류 프로세스의 효율성을 높이고 운영 비용 절감 및 고객 신뢰도 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 다양한 환경에서 추가 실험을 통해 시스템을 최적화하고 상용화 가능성을 높일 필요가 있다. 본 연구는 UWB 기반 스마트 물류 시스템의 발전 가능성을 제시하며, 물류 산업의 경쟁력 강화에 중요한 기여를 할 것이다.

※ 본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원사업(스마트해상물류 x ICT멘토링)을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.