

유비쿼터스 물류환경을 위한 컨테이너 위치 확인 시스템 설계 및 구현

정동호^o, 정연수, 김정효, 백윤주

부산대학교 정보컴퓨터공학부

{dhjung^o, rookie, jhkim, yujnu}@embed.re.kr

A Design and Implementation of Container Localization for Ubiquitous Logistics Environment

Dongho Jung^o, Yeonsu Jung, Junghyo Kim, Yunju Baek
Dept. of Computer Science & Engineering, Pusan National University

요 약

유비쿼터스 컴퓨팅 응용으로 위치 추적 서비스, 산업용 제어 및 관리 시스템, 홈 자동화 시스템 등 다양한 서비스들이 이미 사용되고 있거나 개발되고 있다. 물류 환경에서의 화물 컨테이너 관리 시스템은 선적하는 컨테이너의 안전을 보장하고 선적 경로와 현재의 위치 등을 제공하여 수출입업자에게 경제적인 이점을 제공할 수 있다. 본 논문에서는 유비쿼터스 물류환경에서 화물 컨테이너의 현재 위치를 확인할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하였다. 컨테이너 위치 확인 시스템은 DV-hop 기법을 바탕으로 리더와 태그간의 홉 수를 계산하고 이를 이용하여 컨테이너의 정확한 위치를 결정한다. 시뮬레이션은 TOSSIM을 이용하여 리더와 태그의 정보 수집을 하였고, 서버 프로그램의 정보 분석 과정을 거쳐 태그의 위치를 계산하였다.

1. 서 론

1989년 미국의 마크 와이저에 의해 처음 사용된 유비쿼터스란 단어는 이제 생활속 어디에서나 쉽게 접할 수 있게 되었다. 2004년 국내에서는 유비쿼터스의 기반 기술인 RFID/USN협회를 만들어 여러 응용분야에서 활발하게 연구가 진행중이다.

RFID(Radio Frequency IDentification)/USN(Ubiquitous Sensor Network)란 모든 사물에 부착된 RFID 또는 센싱 기술을 초소형 무선장치에 접목하여 이들 간의 네트워크를 통해 실시간으로 정보를 획득, 처리, 활용하는 네트워크 시스템이다[1]. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 응용으로 위치 추적 서비스, 산업용 제어 및 관리 시스템, 홈 자동화 시스템, 건강관리 등 다양한 서비스 분야들이 개발되거나 사용되고 있다.

RFID/USN의 다양한 응용 중 하나인 선적 컨테이너 관리 시스템에서 선적하는 화물 컨테이너의 안전성 보장과 현재의 위치 정보 제공은 항만 물류 관리 시스템의 물류비용 절감효과를 누릴 수 있을 것이다. 각 컨테이너에 칩입, 훼손 감지 센서와 전자 봉인(Electronic-Seal) 기능의 능동형 RFID 태그가 부착되고 RFID 리더는 태그의 정보를 읽어 컨테이너의 현재 상태를 검사하게 된다.

전자 봉인 장치는 국제표준화기구 ISO의 컨테이너 자동 인식 및 컨테이너 포장 관련 전문가 회의(TC104/SC 4) 기술위원회에서 표준화작업을 진행하고 있으며, 433MHz 능동형 RFID 기술을 근간으로 하고 있다.

본 논문에서는 선적 컨테이너 관리 시스템에서 전자 봉인

장치가 부착되어 있는 컨테이너의 위치를 추적하고 관리하기 위한 위치 추적 기법을 제시하였다. 그리고 제시된 알고리즘의 시뮬레이션 모델을 구현하여 테스트를 진행하였다. 태그와 리더는 RF 통신을 사용하고 정보수집과 정보 분석의 2단계 과정을 거쳐 컨테이너의 위치를 결정하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 위치 측량 기법에 대한 관련 연구에 대하여 살펴보고 3장에서는 제안하는 컨테이너 위치 확인 시스템에 대해 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션 환경 및 실험 결과에 대해 알아보고 5장에서는 결론 및 향후 과제에 대해 기술한다.

2. 관련연구

유비쿼터스 기반 기술 중 센서 네트워크나 애드혹(ad hoc) 네트워크에서 각 노드의 위치 측량 방식은 다양하게 나와 있다. 위치 측량 방식은 알고리즘과 프로토콜, 시스템 구조 등에 따라 나눌 수 있으며, 그 중 거리 측량을 기준으로 하여 Range-based와 Range-free로 분류할 수 있다[2].

2.1 Range-based 위치 측량 방식

Range-based 위치 측량 방식은 노드 사이의 거리를 계산하기 위해 절대적인 길이나 각도 등을 사용한다. ToA (Time of Arrival), TDoA(Time Difference of Arrival), AoA(Angle of Arrival), RSSI(Received Signal Strength Indicator) 등의 방법을 사용하여 거리를 측량 하는데 대표적인 기술로는 삼각 측량 기법이 있다. range-based 측량 방식은 위치 측량의 정확도가 높지만 사용하는 알고리즘의 복잡도가 높고 고가의 장비를 필요

□□본 연구는 교육부에서 주관하는 "차세대물류IT기술연구사업단"에 의해 지원 받은 연구임.□□

로 한다. 따라서 많은 수의 컨테이너에 적용하기에는 부적합한 특징을 지니고 있다.

2.2 Range-free 위치 측량 방식

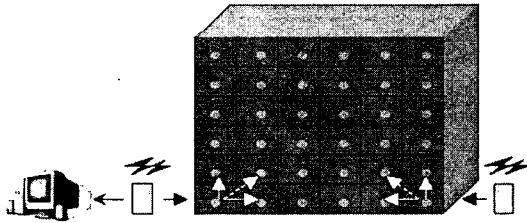
Range-free 위치 측량 방식은 절대적인 거리나 각도 등의 정보 없이 위치 측량을 하는 방법으로 대표적으로 APIT [3]이나 DV-hop[4] 등이 있다.

이 중 DV-hop 위치 측량은 distance vector를 사용하여 태그의 위치를 계산하는 방법이다. 3개 이상의 리더는 자신의 위치 정보를 알고 있고 각 태그는 리더와의 홉 수 테이블 정보를 가지고 있다. 리더는 다른 리더와의 실제 거리를 계산하여 한 홉 간의 평균 길이를 계산하고 태그는 그 길이를 바탕으로 자신의 실제 위치를 측량한다. 이러한 DV-hop 방식은 range-based 방식에 비해 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 그러나 각 태그의 위치가 균등한 격자형 형태에서는 높은 정확도를 보여준다.

본 논문에서 제시하고 구현하는 컨테이너 위치 확인 시스템은 DV-hop 방식을 사용한다. 컨테이너의 크기는 종류에 따라 조금씩 다르지만 길이를 제외한 폭이 약 2.4m, 높이가 약 2.4~2.7m로 정사각형의 형태를 가진다. 따라서 컨테이너가 쌓여 있는 형태는 격자형이므로 DV-hop 방식을 사용하면 단순한 알고리즘으로 높은 정확도를 가지는 시스템을 구현할 수 있다.

3. 컨테이너 위치 확인 시스템

3.1 전체 구성



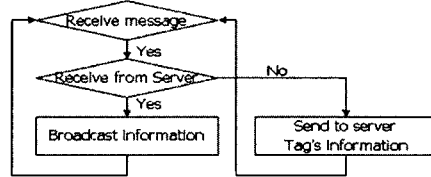
[그림 1] 컨테이너 위치 추적 모델

본 논문에서 제안하는 컨테이너 위치 확인 시스템은 [그림 1]과 같은 구조로 되어 있다. 각 컨테이너에는 전자 봉인 태그가 부착되어 있고 어긋난 모든 태그들과 통신을 할 수 있다. 리더는 컨테이너의 양쪽 끝에 위치하고 서버와 연결되어 있어 입력받는 명령에 따라 지상에 붙어있는 가장 가까운 컨테이너의 태그와 통신을 하게 된다. 서버는 리더에서 받은 태그들의 정보를 바탕으로 각 태그들의 위치를 결정하게 된다.

컨테이너의 위치를 결정하기 위해서는 리더와 태그간 통신을 하는 정보 수집 단계와 입력된 태그들의 정보를 바탕으로 서버에서 계산하는 정보 분석 단계를 거친다.

3.2 리더

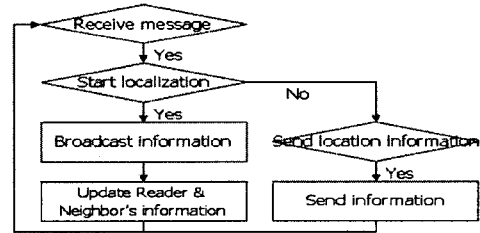
리더는 서버와 태그의 중계역할을 하는 것으로 [그림 2]와 같이 서버로부터 명령을 받았을 때 지상에 붙어있는 가장 가까운 컨테이너의 태그에게 명령을 브로드캐스트하고 태그로부터 정보를 받았을 때는 그것을 서버로 전송한다.



[그림 2] 리더 흐름도

3.3 태그

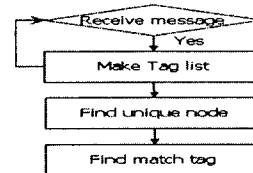
태그는 컨테이너에 부착되어 정보를 전송하는 능동형 RFID로 [그림 3]과 같은 형식으로 동작한다. 리더나 이웃 태그로부터 위치 정보 시작 명령을 받았을 때 리더들의 홉 수 테이블 {H1, H2}와 이웃 태그들의 아이디 테이블 {N1~N8}을 저장하고 갱신한다. 그리고 갱신된 정보를 다시 이웃 태그들에게 브로드캐스트한다. 태그는 이러한 과정을 반복하면서 동작하게 되고 위치 정보 요청 명령을 받으면 자신의 정보를 리더를 통해 서버로 전송한다.



[그림 3] 태그 흐름도

3.4 서버

서버는 리더에서 전송된 정보를 분석하여 각 태그들의 위치를 계산하는 컴퓨터로 [그림 4]와 같은 형식으로 동작한다. 두 개의 리더에서 태그들의 정보를 받아 태그 리스트를 만든다. 이 때 리스트는 서버들의 홉 수 테이블 {H1, H2}에서 각 홉 수 크기에 따라 정렬이 된다. 그리고 리스트에서 고유한 홉 수 테이블을 가지는 태그를 먼저 찾고 나머지 태그들을 알맞은 위치에 삽입한다.



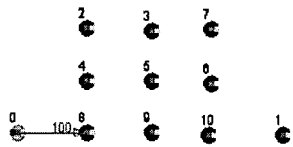
[그림 4] 서버 흐름도

4. 시뮬레이션 환경 및 실험 결과

4.1 시뮬레이션 환경

제안한 시스템의 무선 환경을 구축하기 위해 TinyOS [5]와 TOSSIM, 그리고 TinyViz를 사용하였다. TinyOS는 센서 네트워크의 노드에서 동작하는 초경량 소프트웨어이다. TOSSIM은 TinyOS 시뮬레이터로 TinyOS 코드를 컴파일하여 일반 데스크탑 PC에서 동작할 수 있도록 만들어 준다. TinyViz는 TOSSIM에서 시뮬레이션되는 결과를 보여주는 프로그램으로 노드들의 상태 및 전체 상황을 알 수 있다.

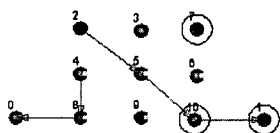
시뮬레이션 가정은 다음과 같다. 컨테이너는 폭과 높이가 같은 정사각형이고 격자 형태로 쌓여있다. 리더와 태그는 완전한 원형의 라디오 전파 범위를 가진다. 리더는 컨테이너 집합의 양 끝에 위치하고 지상에 위치한 가장 가까운 컨테이너의 태그와 통신을 한다. 그리고 태그는 이웃한 모든 태그들과 통신이 가능하다.



[그림 5] TinyViz에서의 리더와 태그의 위치

[그림 5]는 TinyViz에서의 리더와 태그들의 위치를 설정한 모습이다. 그림과 같이 입력된 노드는 총 11개로 2개의 리더와 9개의 태그로 구성된다. 태그는 3x3의 격자형 형태로 위치하여 모든 이웃 태그들과 같은 거리로 떨어져 있다. 리더는 태그 집합의 가장 아래의 양 끝에 위치하여 직선상의 가장 가까운 태그와 통신을 한다. TinyViz에서 리더는 서버와의 통신이 불가능하여 임의의 조건을 주어 위치 확인을 시작하고 태그들의 정보를 얻어낸다. 리더는 시스템이 시작한 후 9초가 흐른 뒤에 위치 정보 시작 명령을 브로드캐스트한다. 태그는 리더나 이웃 태그들로부터 메시지를 받아 정보를 갱신하게 되고 받은 메시지 수가 25개 이상이고 리더 정보가 2개, 이웃 태그 정보가 2개 이상일 때 자신의 정보를 리더로 보낸다. 리더는 태그들로부터 정보를 받았을 때 파일로 저장한다. 서버는 C언어를 사용하여 구현하였고 리더에서 저장한 파일을 바탕으로 컨테이너의 위치를 계산한다.

4.2 실험 결과



[그림 6] 리더와 태그에서의 정보 수집 단계

[그림 6]은 리더와 태그에서의 메시지 교환을 통해 각

태그들의 정보를 수집하는 화면이다. 각 태그는 주어진 조건을 만족할 때 가장 가까운 리더로 자신의 정보를 보내게 된다.

[표 1] 서버에서의 결과 분석

위치	ID	위치	ID	위치	ID
1	8	4	9	7	10
2	4	5	5	8	6
3	2	6	3	9	7

[표 1]은 리더에서 받아 저장한 정보 파일을 서버 프로그램으로 계산했을 때의 결과 화면이다. 카운트 1~9번까지는 컨테이너의 위치를 나타내는 값으로 1번이 가장 왼쪽 아래에 있는 것이고 9번이 가장 오른쪽 위에 있는 것이 된다. 아이디는 컨테이너 위치에 있는 태그의 아이디를 나타내는 것으로 1열에는 8, 9, 10, 2열에는 4, 5, 6, 3열에는 2, 3, 7의 태그 순서로 배치가 되어 있음을 알 수 있다.

이 외에도 3x2, 4x3, 4x4 등 여러 실험에서 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다.

5 결 론

본 논문에서는 컨테이너 물류 관리시스템에서의 컨테이너의 위치를 추적하고 관리하는 시스템에 대한 방법을 설계하고 구현을 하였다.

향후 연구되어야 할 내용은 NS-2에서의 성능평가 및 Real World에서의 테스트를 통해 어느 정도의 정확도를 가지는지에 대해 알아보는 것이다. 그리고 서버의 알고리즘을 개선해 컨테이너들이 불규칙적으로 배치되어 있거나 이웃 노드들의 정보가 잘못되었을 때에도 정확한 위치를 구할 수 있는 알고리즘 연구도 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] <http://www.karus.or.kr/>
 [2] Jeffrey Hightower and Gaetano Borriello, "A Survey and Taxonomy of Location Sensing Systems for Ubiquitous Computing", University of Washington, Seattle, WA, 2001
 [3] Tian He, "Range-Free Localization Schemes for Large Scale Sensor Networks", MobiCom'03, San Diego, 2003
 [4] D. Niculescu and B. Nath, "DV Based Positioning in Ad hoc Networks", In Journal of Telecommunication Systems, 2003
 [5] <http://www.tinyos.net/>