

2.45GHz 대역 RTLS에서 3차원 위치추정에 관한 연구

정승희* · 이현재* · 오창현*

*한국기술교육대학교

A Study on the 3D Location Estimation in 2.45GHz Band RTLS

Seung-hee Jeong*, Hyun-jae Lee*, Chang-heon Oh*

* Korea University of Technology and Education

E-mail : shjeong@gmail.com

요 약

본 논문에서는 2.45GHz대역 RTLS에서 2차원 평면 위치추정 알고리즘을 확장한 3차원 공간상의 위치추정 알고리즘을 연구하였으며, 태그의 송신시간 정보가 필요 없는 TDOA 기법을 이용하여 3차원 좌표를 추정하였다. 가로, 세로 300m의 탐색범위에서 시뮬레이터 구현을 통해 이차원 평면상의 쌍곡선 교점을 태그의 X, Y 좌표로 추정하였으며, 추정한 X, Y 좌표를 통해 Z 좌표를 최종적으로 추정하였다. RTLS 규격상 허용 오차 범위는 반경 3m 이내를 만족해야 하며, 실험결과 리더의 수신 오프셋이 이상적인 경우 태그의 3차원 위치는 실제 좌표와 근접함을 확인하였다. 수신오프셋이 32.76nsec 이내의 경우 오프셋의 차등적 증가시 RTLS 규격상의 반경 3m 이내의 오차범위를 벗어남을 확인하였다. 따라서 추후 연구를 통해 리더의 수신오프셋을 저감할 수 있는 기법이나 3차원 위치 추정시 적정 임계치 설정과 같은 판별 기법을 통해 위치 추정의 정확도를 향상시켜야 할 것으로 고려된다.

ABSTRACT

In this paper, we studied the location estimation algorithm of a spatial 3 dimension which extend the location estimation algorithm of a plane 2 dimension in 2.45GHz band RTLS(Real time location system). We used TDOA scheme which need not a time of transmission information of the tag and estimated 3 dimension coordinates. Also, estimated intersection of hyperbolic curve to X, Y coordinate of the tag at 2D coordinates searching area, 300m×300m and LOS propagation environments. And, we estimated Z coordinate ultimately using X, Y coordinate. The location estimation algorithm of a spatial 3 dimension satisfies the RTLS specification requirement, 3m radius accuracy. From the result, we confirm that the location of tag which similar to actual coordinate in the case to an ideal received offset. However, we verified that the location of tag which escapes from a radius 3m within error range when received offset increased. Therefore, as the future work we are consider enhanced location accuracy of a spatial 3 dimension in RTLS system which using the decrease scheme of reader offset or the discriminate scheme of the estimation location.

키워드

RTLS, TDOA, RFID, Location Estimation, 3D

1. 서 론

RFID 기술은 사물에 부착된 전자 태그를 통해 무선으로 사물의 ID를 인식하고 정보를 수집하여 저장, 가공, 추적함으로써 사물에 대한 측위, 원격 처리, 관리 및 사물 간 정보 교환 등의 서비스를 제공하는 기술이다[1]. 그러므로 사용자가 처한 상황에 따라 적절한 서비스를 제공하기 위해서는 사용자의 물리적인 위치와 조건 및 그 변화하는 정도를 인식할 수 있어야 한다. 이에 따라 위치정

보를 제공해 줄 수 있는 위치추정 시스템에 대한 관심과 연구가 지속되고 있으며, 현재 국내외 여러 연구기관에서 위치추정에 관한 활발한 연구가 이루어지고 있다[2].

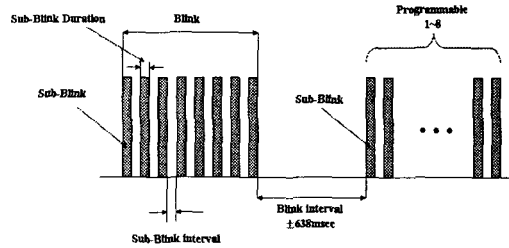
현재 RFID 기술로 사용 가능한 주파수는 125kHz, 135kHz, 13.56MHz, 433MHz, 860~960MHz, 2.45GHz, 5.8GHz 등이 알려져 있으며, 이 중 RTLS(Real Time Location System)는 2.45GHz 대역에서 실시간 위치추정을 통한 RFID 기술이다[3]. 이러한 RTLS 시스템을 공장, 공항,

항만 등의 물품 추적, 관리 분야에 응용하기 위해서는 정확한 위치 인식을 위한 위치측정 및 위치 오차 최소화 기술 그리고 위치추정 기술 연구가 필요하다.

따라서 본 논문에서는 2.45GHz대역 RTLS에서 기존의 2차원 평면 위치추정 알고리즘을 확장한 3차원 공간상의 위치추정 알고리즘을 연구하였으며, 태그의 송신시간 정보가 필요 없는 TDOA 기법을 이용하여 3차원 좌표를 추정하였다.

본 논문의 구성은 I장 서론에 이어 II장에서 RTLS의 개요를, III장에서는 3차원 위치추정 알고리즘을 소개한다. IV장에서 3차원 위치추정 알고리즘의 시뮬레이션 구현 환경 및 결과를 확인하고 마지막 V장에서 결론을 맺는다.

항에 의해 sub-blink의 수는 랜덤하게 수신 된다. Sub-blink 메시지는 56비트, 72비트, 88비트, 152비트의 4가지로 형식으로 구분되어 있다[4].



(a) blink 구조

II. RTLS 개요

1. RTLS 구조

RTLS 시스템은 2.45GHz 대역의 능동형 RFID 기술로서 해당 제품의 정보 및 위치를 송신하는 태그와 송수신 단말인 리더를 통해 정보를 수집, 응용하는 서버 애플리케이션으로 구성되어 있다. 그림 1은 RTLS 구조이다.

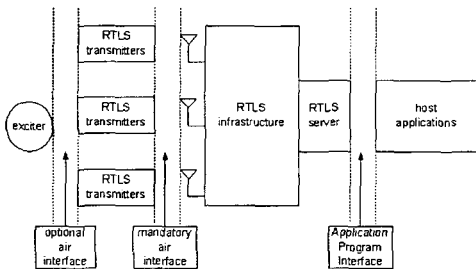
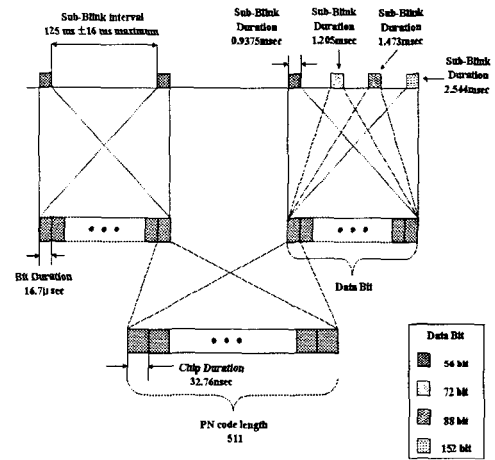


그림 1. RTLS 구조

2. 2.45GHz 대역 RTLS

RTLS는 2.4GHz~2.4835GHz 범위에서 중심주파수는 2.44175GHz 이며, 채널 대역폭은 60MHz 이다. 태그는 배터리가 내장된 능동형 태그이며, 태그와 리더간의 측정 가능거리가 최대 300m로, 이때 리더는 1초당 최대 120개의 서로 다른 태그 신호를 구분 할 수 있다. 이때, RTLS 규격상 태그의 위치 추정 오차는 2차원, LOS 환경에서 반경 3m 이내를 만족해야 한다.

태그의 blink와 sub-blink의 구조는 그림 2와 같이 설계되어 있다. 하나의 blink는 1~8개의 sub-blink로 이루어져 있으며, 이때 blink 간의 간격은 5sec±638msec로 유지된다. 각 sub-blink들은 동일한 메시지로 구성되어져 있으며 동일한 duration을 가지고 리더로 전송된다. 이때 주파수 간섭 및 채널 환경에 따라 각 태그의 sub-blink들은 충돌이 발생 할 수 있으며 이러한 충돌의 영



(b) sub-blink 구조

그림 2. 태그의 blink 및 sub-blink 구조

III. 위치추정 알고리즘

본 논문에서는 가용리더에 도착한 태그 신호의 시간차를 이용하여 3차원 공간상의 위치추정 알고리즘을 소개한다.

먼저 가용 리더 4개를 선정하고 각 리더들 간의 $R(i, j)$ 를 비교하여 쌍곡선 식을 유도하였으며, 시뮬레이션 환경을 위해 태그의 좌표(X, Y, Z)를 미리 지정하고 태그에서 각 리더까지의 도달 시간을 산출하였다.

식 (1)은 태그로부터 송신된 신호의 각 리더 간 시간차를 위한 수식이다.

$$R(i) = \frac{\sqrt{(X-X_i)^2 + (Y-Y_i)^2 + (Z-Z_i)^2}}{C} \quad (1)$$

시뮬레이션에서 사용한 도착 시간 정보는 식 (2)-(4)를 통해 산출하며, 연립방정식을 이용하여 태그의 X, Y, Z 좌표를 추정한다.

IV. 구현 및 성능평가

$$R12 * C - \sqrt{(X - Y1)^2 + (Y - Y1)^2 + (Z - Z1)^2} = -\sqrt{(X - X2)^2 + (Y - Y2)^2 + (Z - Z2)^2} \quad (2)$$

$$R13 * C - \sqrt{(X - X1)^2 + (Y - Y1)^2 + (Z - Z1)^2} = -\sqrt{(X - X3)^2 + (Y - Y3)^2 + (Z - Z3)^2} \quad (3)$$

$$R14 * C - \sqrt{(X - X1)^2 + (Y - Y1)^2 + (Z - Z1)^2} = -\sqrt{(X - X4)^2 + (Y - Y4)^2 + (Z - Z4)^2} \quad (4)$$

시간차를 이용하여 산출한 쌍곡선은 그림 3과 같이 표현되며, 이때 각 리더 간 송신시간차 R(i,j)와 비교한다. 이러한 과정을 통해 추정된 X, Y 좌표를 식 (2)-(4)에 대입하여 최종적으로 Z좌표를 추정하게 된다.

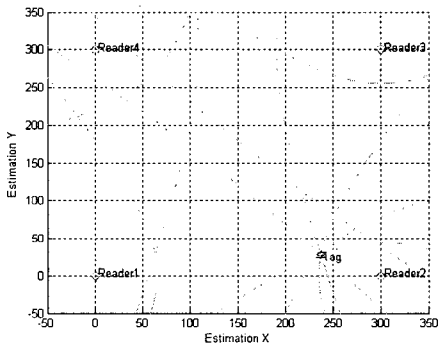


그림 3. 태그의 X, Y 좌표 추정

태그의 2차원 추정 좌표는 쌍곡선의 교점 중 적어도 하나의 교점을 X, Y 좌표로 추정한다. 그러므로 3차원 위치 추정은 X, Y 좌표의 오차에 따라 Z 좌표의 정확도가 좌우되며, 리더의 수신 환경이 이상적인 경우 태그의 3차원 공간상의 추정 위치는 실제 위치와 정확히 일치하게 된다.

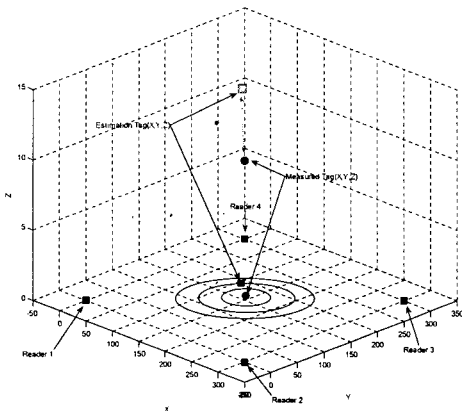


그림 4. 태그의 Z 좌표 추정

1. 시뮬레이션 구현 환경

RTLS 규격상 허용 오차 범위는 반경 3m 이내를 만족해야 한다. 이를 위한 시뮬레이션 환경으로 본 논문에서는 RTLS 시스템을 항만의 컨테이너 위치 추정에 응용하는 것으로 가정하고 관련 조건들을 다음과 같이 설정하였다.

(1) 탐색범위 및 리더 배치

태그의 탐색범위인 컨테이너 야적장의 크기는 가로, 세로 300m로 제한하였으며, 그림 5와 같이 가용 리더의 수는 4개를 기준으로 하였으며, 리더는 탐색범위의 각 모서리에 위치한다.

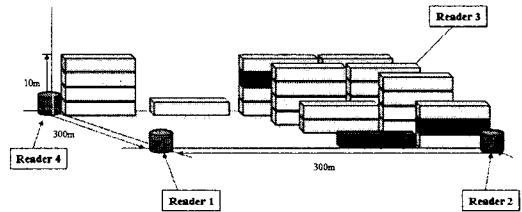


그림 5. 탐색범위 크기 및 리더 배치

(2) 컨테이너 규격

실제 항만에서 주로 사용되는 컨테이너는 20피트 컨테이너와 40피트 컨테이너를 사용한다. 20피트 컨테이너와 40피트 컨테이너의 가로와 높이는 각각 8피트, 8피트 6인치이며, 이를 미터로 환산하면 실제 컨테이너의 가로 너비는 2.348m이며, 높이는 종류별로 2.39m~2.695m, 길이는 종류에 따라 5.899m~13.555m의 길이를 가진다.

따라서 본 연구에서는 컨테이너 1개의 높이 규격인 2.39m~2.695m를 구별하기 위해 허용 오차 범위를 RTLS 허용 오차인 3m 이내로 가정하고 위치를 추정하였다.

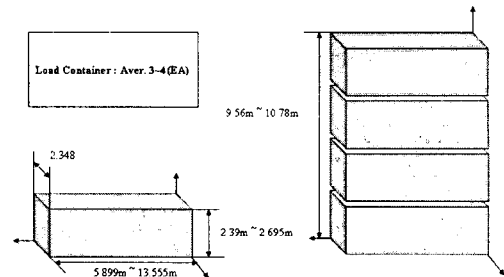


그림 6. 컨테이너 규격 및 평균 적재 높이

컨테이너의 적재 개수는 화물의 탑재유무에 따라 평균 3~4개로 Z축 방향의 최대 높이는 약 12m이다. 그러므로 본 시뮬레이터에서 Z축의 허용 최대 범위를 12m 이내로 제한하였으며, 제한

범위 이상 추정된 경우에는 3차원 위치추정의 타당성이 결여된 것으로 판단한다.

2. 시뮬레이션 결과

RTLS 규격상의 PN code length는 511로 이때, PN code 1 chip의 duration은 약 32.76nsec이 된다. 따라서 리더에서 받아들이는 신호 옵셋은 최대 32.76nsec 이다. 본 논문에서는 리더의 수신 옵셋이 없는 이상적인 경우와 옵셋 범위를 32.76nsec 이내에서 차등적으로 발생 시켰을 경우를 비교하였다.

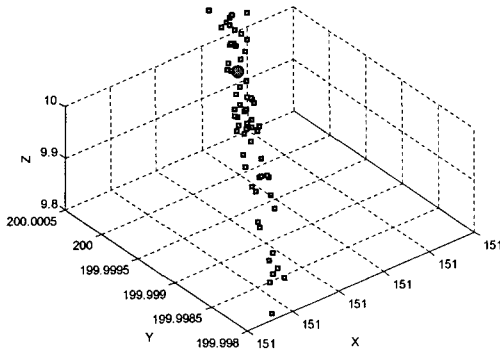


그림 7. 리더 수신 옵셋 (Ideal)
(X=151, Y=200, Z=10)

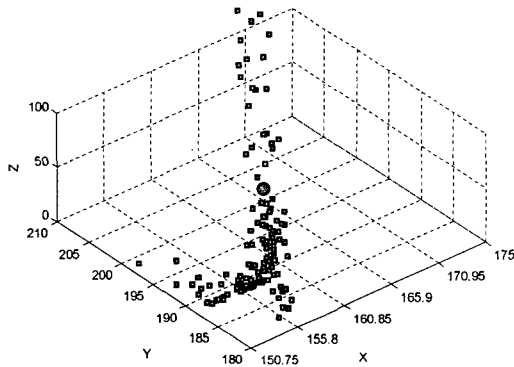


그림 8. 리더 수신 옵셋 (within 32.76nsec)
(X=151, Y=200, Z=10)

그림 7은 리더의 수신 옵셋이 0인 이상적인 경우의 시뮬레이션 결과로서 태그의 실제 위치가 X=151, Y=200, Z=10일 때, 총 100회 추정한 결과이다. 실험 결과, 태그의 추정 좌표는 실제 좌표와 동일하며 리더의 수신 옵셋이 0에 근접할 수록 위치 추정 오차는 감소함을 확인하였다.

그림 8은 리더의 수신옵셋을 32.76nsec 이내에서 차등적으로 증가시켜 실험한 결과이다. 수신옵셋의 증가에 따라 리더의 2차원 평면상의 X, Y

좌표에서 오차가 발생했으며, 이때 2차원 X, Y 좌표의 추정 결과에 따라 리더의 3차원 추정오차가 발생하였다. 실험결과 3차원 공간상의 태그의 위치는 RTLS 규격상의 허용 오차 범위인 반경 3m에서 벗어남을 확인하였다. 따라서 3차원 공간상의 태그의 위치추정 정확도 향상을 위해서는 리더의 수신 옵셋을 저감하는 방안 또는 3차원 위치추정시 적정 임계치 설정과 같은 판별식을 이용하는 방안등을 고려해야 할 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 2.45GHz대역 RTLS에서 기존의 2차원 평면 위치추정 알고리즘을 확장한 3차원 공간상의 위치추정 알고리즘을 연구하였으며, 태그의 송신시간 정보가 필요 없는 TDOA 기법을 이용하여 3차원 좌표를 추정하였다.

RTLS 규격상 허용 오차 범위는 반경 3m 이내를 만족해야 한다. 실험 환경은 가로, 세로 300m의 탐색범위에서 시뮬레이터 구현을 통해 이차원 평면상의 쌍곡선 교점을 태그의 X, Y 좌표로 추정하였으며, 추정한 X, Y 좌표를 통해 Z 좌표를 최종적으로 추정하였다.

실험결과 리더의 수신옵셋이 이상적인 경우 태그의 3차원 위치는 실제 좌표와 근접함을 확인하였으며, 수신옵셋이 32.76nsec 이내의 경우 옵셋의 차등적 증가시 RTLS 규격상의 반경 3m 이내의 오차범위를 벗어남을 확인하였다. 따라서 추후 연구를 통해 리더의 수신옵셋을 저감할 수 있는 기법이나 3차원 위치 추정시 적정 임계치 설정과 같은 판별식 기법을 통해 RTLS 규격 허용 오차인 반경 3m 이내의 오차범위를 만족해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] T. G. Kanter, "Attaching context-aware services to moving locations," *IEEE Internet Computing*, vol. 7, Iss. 2, Mar.-Apr. 2003.
- [2] J. Schiller and A. Voisard, *Location-Based Services*. Morgan Kaufmann, 2004.
- [3] Y. K. Lee, E. H. Kwon, and J. S. Lim, "Self location estimation scheme using ROA in wireless," *EUC Workshops 2005*, LNCS 3823, pp.1169-1177, Dec. 2005.
- [4] ISO/IEC JTC 1/SC 31/WG 5: Information technology automatic identification and data capture techniques—Real Time Locating Systems (RTLS)—Part 2: 2.4 GHz air interface Feb. 2005.