

# 탐색범위 확장을 고려한 위치추정 알고리즘의 성능분석

## Performance Analysis of Location Estimation Algorithm Considering an Extension of Searching Area

정승희\*, 이현재\*, 오창현\*

Seung-Heui Jeong\*, Hyun-Jae Lee\*, and Chang-Heon Oh\*

### 요 약

본 논문에서는 2.45GHz 대역 RTLS 환경에서 탐색범위 확장을 고려한 위치추정 알고리즘을 제안하고 평균 추정오차 성능을 분석하였다. 확장 가능한 탐색범위는 300m×300m, 2차원 평면상의 정사각형으로, 가용리더의 배치 형태는 원형 배치와 사각형 배치 그리고 탐색범위 확장을 위한 축소된 사각형 배치를 고려하였다. 또한, RTLS의 위치추정 실험 조건으로 LOS 전파환경을 가정하였으며, 수신된 sub-blink 수에 따른 가용리더의 배치 형태별로 위치추정 성능을 분석하였다. 본 논문에서 제안하는 위치추정 알고리즘을 적용하여 위치를 추정한 결과, 원형 리더 배치가 탐색범위 확장이 유리한 사각형 리더 배치에 비하여 우수한 위치추정 정확도를 보였다. 이에, 위치추정의 정확도가 우수한 원형배치와 확장이 유리한 사각형 배치의 장점을 절충하여 탐색범위 확장을 위한 축소 사각형 배치를 제안하였으며, 실험 결과, 제안한 위치추정 알고리즘이 탐색범위 확장을 고려한 축소된 사각형 리더 배치에서도 높은 위치추정 성능이 나타남을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, we proposed a location estimation algorithm considering an extension of searching area in 2.45GHz band RTLS and analyzed its performance in terms of an average estimation error distance. The extendable searching area was assumed to be square of 300m×300m and 2 dimensions. The arrangement shape of available readers was considered circle, rectangle, and shrinkage rectangle for extendable searching area. Also, we assumed that propagation path was LOS (Line-Of-Sight) environment, and analyzed the estimation error performance as a function of the number of received sub-blink considering an arrangement shape of available readers in searching area. From the results, compared with rectangle shape, circle shape showed the higher estimation accuracy. Also, we confirmed that the proposed location estimation algorithm provided high estimation accuracy in the shrinkage rectangle shape that was suitable for extension of searching area.

Key words : Location Estimation, RTLS, TDOA, LOS, RFID

### I. 서 론

최근 발전된 IT 기술을 바탕으로 주변의 모든 곳(것)에 센서를 부착하여 사물의 인식정보는 물론 주

변의 환경 정보까지 탐지할 수 있으며, 실시간으로 네트워크에 연결하여 정보를 획득 또는 관리할 수 있는 USN (Ubiquitous Sensor Network)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. USN은 향후 인식 기반의

\* 한국기술교육대학교 전기전자공학과(Dep. of Electrical and Electronics Engineering, Korea Technology and Education Univ.)

· 제1저자 (First Author) : 정승희

· 접수일자 : 2006년 10월 30일

RFID 기술을 바탕으로 다양한 센싱 기술들과 결합되어 유비쿼터스 서비스에 있어서 신경망과 같은 중요한 역할을 할 것으로 예측된다[1],[2].

이러한 유비쿼터스 서비스의 기본 기능으로 사용자가 처한 상황에 따라 적절한 서비스를 제공하기 위해서는 사용자의 물리적인 위치와 조건 및 그 변화하는 정도를 인식할 수 있어야 한다[3]. 이에 위치 정보를 제공해 줄 수 있는 위치추정 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 항만의 야적장에서 선적대기 또는 보관중인 컨테이너의 위치를 추정하는 RTLS(Real Time Location Systems) 시스템에 위치기반 유비쿼터스 서비스 제공을 위해 필수적으로 요구되는 위치추정 알고리즘을 적용하였으며, RTLS 규격에서 권고하는 300m×300m의 탐색범위에서 가용리더의 배치 형태별로 위치추정 성능을 분석하였다. 리더의 배치형태는 일반적인 원형배치와 사각형 배치 그리고 탐색범위가 확장될 경우의 리더 배치를 고려하여 위치추정 성능을 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. I 장 서론에 이어 II 장에서는 RTLS의 개요 및 위치추정 알고리즘에 대해 기술하며, III 장에서는 실험환경에 대해 설명한다. IV 장에서는 가용리더의 배치 형태별 위치추정 성능을 분석하고 V 장에서 결론을 맺는다.

## II. RTLS 개요 및 위치추정 알고리즘

### 2-1 RTLS 개요

RFID 기술로 사용 가능한 주파수 대역은 125KHz, 135KHz, 13.56MHz, 433MHz, 860~960MHz, 2.45GHz 등이 알려져 있으며, 이 중 RTLS는 2.45GHz 대역의 RFID 응용 기술이다. RFID 관련 표준화 작업은 ISO/IEC JTC1의 SC31에서 담당하고 있으며, SC31은 5개의 WG(Working Group)으로 구성되어 있다. 현재 국제 표준으로 제정된 ISO/IEC FDIS 24730-2와 ANSI/INCITS 371.1 문서에는 2.4GHz 대역 RTLS의 전체적인 구조와 사용기법, 무선 환경 등에 대해 정의하고 있다.

RTLS 시스템은 2.4GHz~2.4835GHz의 주파수 대

역을 사용하며 중심주파수는 2.44175GHz이다. 채널 대역폭은 60MHz이고 RF 전송은 저전력, 전자기적으로 호환 가능해야하며, 2.4GHz 대역의 다른 무선 매체들과 간섭을 일으키지 않아야 한다.

RTLS 규격에서 채택하고 있는 변조방식은 DSSS를 기본 변조 방식으로, OOK/FSK를 선택적 변조 방식으로 권고하고 있다. 또한 DSSS 신호의 PN code 길이는 511, PN chip rate는 30.521875MHz이다. 이러한 RTLS는 항만 야적장에서 컨테이너 추적 및 관리 등의 분야에 응용할 수 있다.

RTLS 시스템의 구조는 그림 1과 같이 태그(RTLS transmitters)와 리더(RTLS infrastructure), 그리고 각 리더에서 수신된 신호의 시간 정보를 취합하는 서버(RTLS server), 수집된 시간 정보를 바탕으로 태그의 위치를 추정하는 위치추정 알고리즘(host applications)으로 구성되어 있다[4].

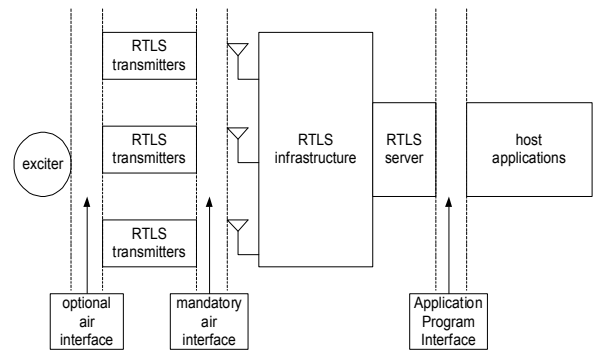


그림 1. RTLS 구조의 요소

Fig. 1. Elements of RTLS infrastructure.

### 2-2 위치추정 알고리즘

위치추정을 위해 널리 사용되는 알고리즘으로는 방향을 탐지하여 위치를 추정하는 AOA (Angle Of Arrival) 알고리즘과 시간을 측정하여 위치를 추정하는 TOA (Time Of Arrival), TDOA (Time Difference Of Arrival) 알고리즘 그리고 수신된 신호의 세기를 측정하여 위치를 추정하는 RSSI (Received Signal Strength Indicator) 알고리즘 등이 있다[5].

실제 환경에서 RTLS 태그는 일정 시간 마다 상태 정보를 전방향으로 송신하게 된다. 이때 태그의 상태 정보에는 태그로부터 언제 송신을 시작했는지에

대한 정보는 담겨 있지 않다. 그러므로 리더는 태그에서 송신된 신호의 수신 시각을 바탕으로 위치를 추정해야 한다. 따라서 태그의 신호 전송 시간을 측정하여 위치를 추정하는 TOA 알고리즘 보다는 태그의 신호가 리더에 도착한 시간의 차를 측정하여 위치를 추정하는 TDOA 알고리즘 더 적합한 위치 추정 알고리즘으로 고려 될 수 있다. 특히, TOA의 경우 태그와 리더간의 동기화가 반드시 필요하나, 태그와 리더간의 동기화가 필요치 않는 TDOA는 리더끼리만 동기화 되어도 수신시간의 차를 이용하여 위치추정이 가능하므로 RTLS에서는 TDOA 기법을 이용한 위치추정 알고리즘이 더 유리하다.

본 논문에서 고려하는 TDOA 방식의 위치 추정 알고리즘은 다음과 같다.

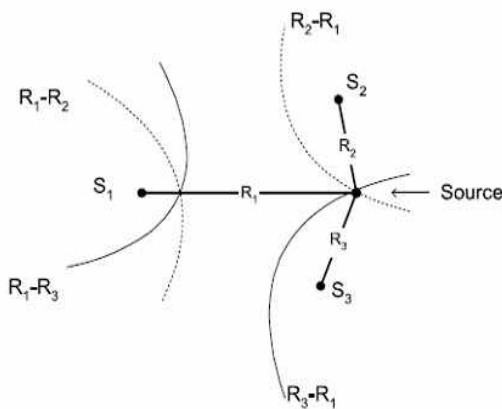


그림 2. 삼변측량을 이용한 태그의 위치추정  
Fig. 2. Locating a tag through trilateration.

그림 2에서  $S_1, S_2, S_3$ 는 리더의 위치를  $R_1, R_2, R_3$ 는 태그에서 각 리더까지 송신된 신호의 수신시간을 나타내며 Source는 태그의 위치이다. 태그로부터 전송된 신호는 리더  $S_1, S_2, S_3$ 에서 수신하게 되며, 식 (2)의 수신 시간차를 이용, 태그의 위치를 추정하게 된다.

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

$$R(i, j) = \frac{\sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2}}{c} - \frac{\sqrt{(X - X_j)^2 + (Y - Y_j)^2}}{c} \quad (2)$$

식 (1)의  $X$ 와  $Y$ 는 미지의 태그 좌표이며,  $X_i$ 와  $Y_i$ 는 가용할 수 있는 리더의 좌표, 그리고 분모의  $c$ 는 빛의 속도 상수이다. 식 (2)의  $R(i, j)$ 는 태그로부터 송신된 신호가  $i$  번째 리더와  $j$  번째 리더에 도착한 시간차로써 각 리더에서 태그의 신호를 수신할 때 발생할 수 있는 측정시간 오차를 포함하여야 한다[6],[7].

$$y = mx + b. \quad (3)$$

$$Ax^2 + Bx + C = 0. \quad (4)$$

식 (2)를 이용하여 식 (3)의 1차 함수와, 식 (4)의 2차 함수를 유도할 수 있다. 식 (3)과 식 (4)를 연립하여 전개하면 식 (5), 식 (6)과 같으며, 이를 통해 태그 좌표를 구할 수 있다.

$$x = \{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}\} / 2A. \quad (5)$$

$$y = mx + b. \quad (6)$$

그러나 식 (5)에서와 같이 근의 공식으로 표현되는  $x$ 의 값이 양의 근 또는 음의 근에 따라  $y$ 좌표의 값이 달라지므로 두 개의 근 중에서 적절한 판정 기준을 활용하여 최종적으로  $x, y$  태그좌표를 결정해야 한다.

### 2-3 위치추정 프로세스

본 논문에서 제안하는 태그의 위치를 추정하는 과정은 다음과 같다.

**Step 1:** 각 리더에서 측정된 태그 신호의 수신 시간은 RTLS 서버에 데이터베이스화 된다.

**Step 2:** 식 (2)를 이용하여 데이터베이스화된 각 태그의 수신 시간차를 계산하고, 식 (5), 식 (6)을 이용하여 가상의 태그 좌표 쌍인 양의  $x, y$  좌표와 음의  $x, y$  좌표를 도출한다.

**Step 3:** 도출된 양의  $x, y$  좌표와 음의  $x, y$  좌표를 각각 미지의 태그 좌표로 가정하고 Step 1의 과

정을 반복한다.

**Step 4:** 양의  $x, y$  좌표로부터 송신된 신호와 음의  $x, y$  좌표로부터 송신된 신호가 각 리더에 수신되었다고 가정하고, 이들 신호의 수신 시간차와 실제 측정된 수신 시간차를 비교하여 최종적인 태그 좌표를 추정한다. 이때 “판정 기준에 어긋나는 경우는 제외”와 같은 판정규칙을 적용하여 태그의 최종 위치를 결정한다.

III. 실험 환경

RTLS 규격상 태그는 그림 3의 상단 그림과 같이 가로, 세로 300m 이내에 존재한다. 그러나 RTLS가 실제로 사용될 항만 야적장 환경은 수백 미터에 근접하는 넓은 범위의 탐색영역으로 예상된다. 따라서 넓은 범위의 탐색영역을 다수의 기본 탐색영역으로 분할, 격자로 배치한 형태를 고려하였다. 또한, LOS 전과 환경을 가정하여 위치 추정 실험을 수행하였으며, 태그의 최대 동작범위는 반경 300m로 탐색범위 내에 3m 간격으로 균일하게 존재한다고 가정하였다.

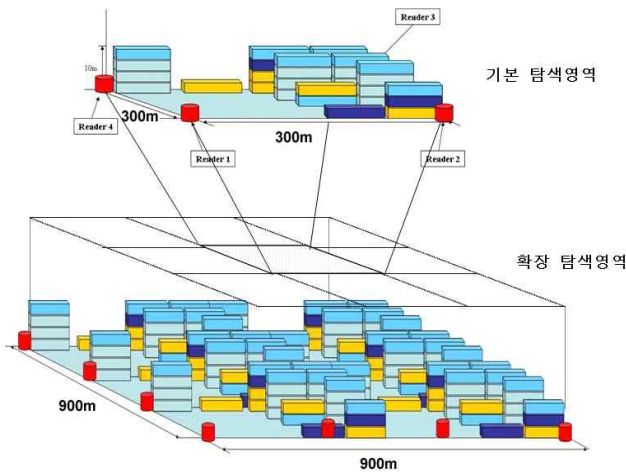
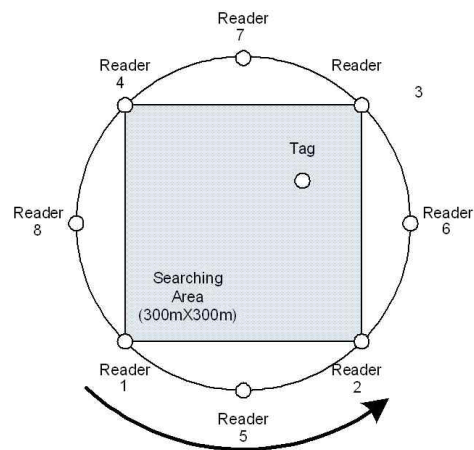


그림 3. 기본 탐색영역 및 확장된 탐색영역  
Fig. 3. basis searching area and extendable searching area.

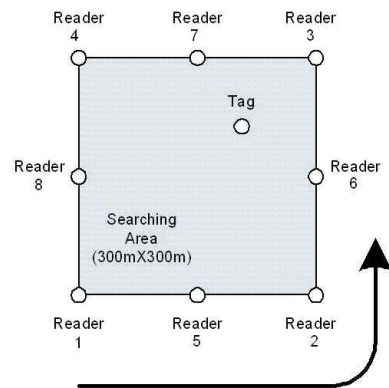
3-1 리더의 배치 형태

각 탐색범위 내에서 리더의 배치는 이용 가능한

3~8개의 리더를 그림 4의 (a), (b)와 같이 원형과 사각형으로 구분하여 배치하였으며, 두 경우 모두 탐색범위의 기본 크기인 300m×300m 영역을 포함하도록 하였다. 그러나 원형에 사각형의 탐색범위가 정확하게 포함될 수 없으므로 원형의 리더배치는 탐색범위의 각 모서리가 원형 안으로 포함되도록 리더와 탐색범위 간 거리를 설정하였다. 사각형 리더배치의 경우 탐색범위 주변에 리더를 배열 하였으며, 두 경우 모두 리더간의 이격 거리는 동일한 거리로 가정하였다.



Reader Combination Direction  
(a) 원형배치



Reader Combination Direction  
(b) 사각형배치

그림 4. 탐색범위 내의 리더 배치  
Fig. 4. Arrangement shape of readers in the searching area.

### 3-2 위치추정 오차

RTLS 규격에서 권고하는 위치추정의 허용 오차 범위는 반경 3m 이내를 만족해야 한다. 그러나 실제 RTLS 가 활용될 항만 야적장의 컨테이너의 크기는 국제규격으로 그림 5와 같으며, 따라서 컨테이너의 최소 구분 간격인 2.348m 이내의 오차 범위를 만족해야 할 것으로 예상된다.

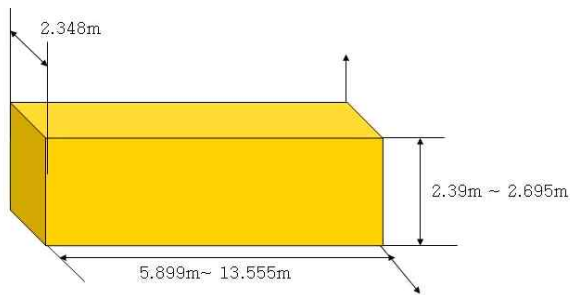


그림 5. 컨테이너 상자의 국제규격  
Fig. 5. International standard of container.

### 3-3 측정 시간 오차

실제 환경에서 측정 가능한 정보는 송신된 신호의 도착시간뿐이다. 그러므로 본 실험에서는 태그에서 각 리더로 전송된 신호의 도착시간에 측정 시간 오차를 포함하였다. 측정 시간 오차는 최대 32.76nsec의 범위 내에서 랜덤하게 발생시킨 시간으로 다음과 같은 과정을 통해 산출된다.

RTLS 규격에서 권고하는 PN code의 1 chip 당 전송 시간은  $1/30.52187\text{MHz} \approx 32.76\text{nsec}$  이므로 3.3nsec 동안 약 1m의 오차가 발생할 수 있으며 32.76nsec의 최대오차 거리는 약 10m가 된다. 하지만 실제 환경에서는 이러한 측정 시간 오차 제어가 불가능하므로 본 논문에서는 측정 시간 오차가 32.76nsec 이내에서 균일한 분포로 발생한다고 가정하였다. 따라서 사용 가능한 3~8개의 리더가 태그로부터 받은 수신 신호에는 32.76nsec 이내의 측정 시간 오차가 포함되어 있다.

## IV. 성능분석

본 논문에서는 탐색범위 내의 리더를 원형 배치

와 사각형 배치로 나누어 분석하였으며, sub-blink 수에 따른 태그의 평균 추정 오차 거리를 산출하여 비교하였다.

### 4-1 원형배치의 위치추정 성능

그림 6은 원형으로 배치한 가용리더 수에 따른 평균 오차거리를 나타내었다. 실험 결과 동일한 수의 sub-blink를 수신한 경우 가용리더가 증가함에 따라 위치추정의 정확도는 선형적으로 향상되었으며, 같은 수의 리더인 경우 수신 성공한 sub-blink의 수가 증가할수록 정확도가 향상되었다. 이는 가용리더 수와 수신한 sub-blink의 수가 다수일 경우, 사용 가능한 리더들의 조합이 최소 4회에서 최대 56회에 이르므로 특정 지점에 위치한 태그의 위치를 여러 번 추정할 수 있으며, 추정횟수에 비례한 평균을 최종 태그의 위치로 추정하기 때문에 특정 조합에서 잘못된 위치를 태그의 위치로 추정하더라도 오차범위 이내로 추정된 표본들의 평균으로 인하여 오차 편차가 상쇄되는 효과를 가지게 된다.

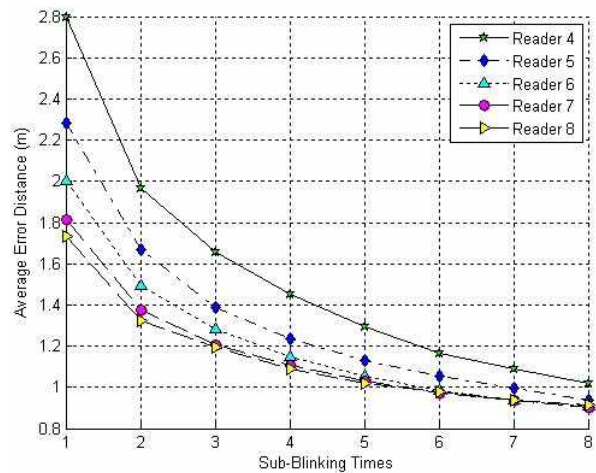


그림 6. 가용리더 수에 따른 평균 오차거리 (원형 배치)  
Fig. 6. Average error distance according to the available reader number in the circle arrangement shape.

### 4-2 사각형배치의 위치추정 성능

그림 7은 원형과 사각형으로 배치한 가용리더의 수가 4개와 8개인 경우 sub-blink의 횟수에 따른 평균 오차거리를 나타내었다. 동일한 크기의 탐색범위

에서 리더의 배치가 원형인 경우, 태그의 위치추정 정확도가 사각형 배치에 비하여 우수함을 확인할 수 있다. 이는 본 논문에서 제안하는 위치추정 알고리즘이 탐색범위와 리더 간 간격이 멀수록 위치추정의 정확도가 향상되는 특성에 기인하며, 원형의 리더 배치인 경우 탐색범위로부터 최대 62.13m 이격되는 구조이므로 보다 정확한 위치추정이 가능하다. 이에 반하여 사각형 구조의 리더 배치인 경우, 리더가 탐색범위의 각 모서리와 주변에 위치하므로 동일한 리더수의 원형배치에 비하여 성능이 저하된 결과로 나타났다.

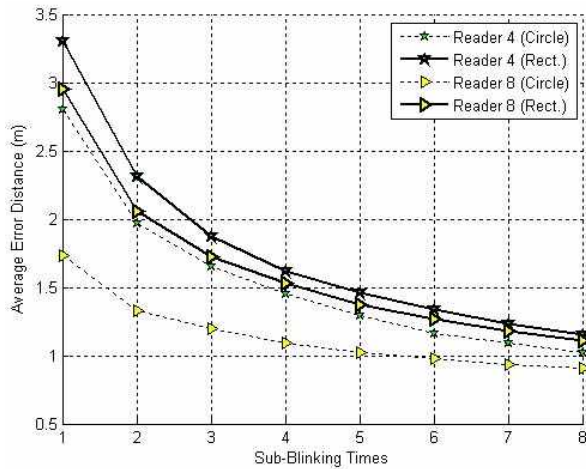


그림 7. 가용리더 수에 따른 평균 오차거리 (원형 배치, 사각형 배치)

Fig. 7. Average error distance according to the available reader number in the circle and rectangle arrangement shape.

4-3 탐색범위 확장을 고려한 리더배치

원형의 리더배치가 위치추정 정확도 측면에서는 우수한 성능을 보이나, RTLS 응용 환경에서 탐색범위가 확장되는 경우에는 리더간의 중첩영역이 필연적으로 발생한다. 이에 반하여, 사각형 배치의 경우 탐색범위 위치추정의 정확도 측면에서는 원형배치에 비해 가용리더의 수가 증가하더라도 위치추정 성능이 상대적으로 저하되나 탐색영역의 확장성 측면에서는 리더배치의 중첩영역이 발생하지 않는 구조이므로 'N\*탐색범위' 크기의 확장시 원형배치에 비해 리더의 효율적 배치가 가능하다. 그러므로 탐색범위와 가용리더 사이를 이격하였을 경우 정확도가

향상되는 원형배치의 장점과 'N\*탐색범위' 확장시 리더 간 중첩영역이 발생하지 않는 사각형 배치의 장점을 절충하여 그림 8과 같이 탐색범위로부터 일정 간격 이격되면서 탐색범위 확장성이 우수한 사각형 모양의 리더 배치를 제안하고 이에 대한 성능을 분석한다. 이에 실험에서는 가로, 세로 300m의 탐색범위 경계에서 각 방향으로 10m 축소시킨 가로, 세로 280m의 탐색범위로 가정하여 실험하였다.

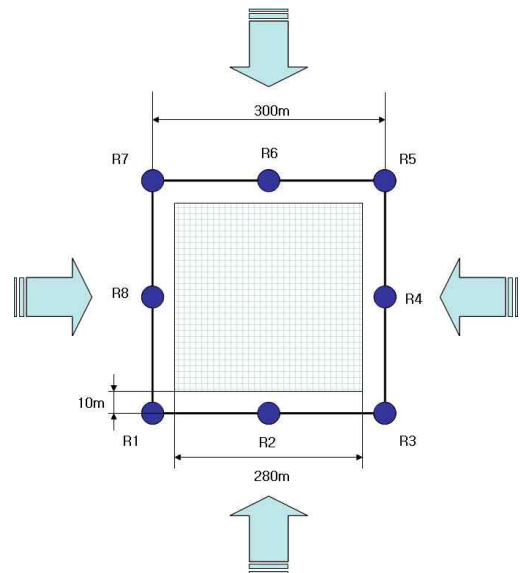


그림 8. 축소 사각형 리더배치  
Fig. 8. Shrinkage rectangle arrangement shape.

4-4 축소 사각형 배치의 위치추정 성능

그림 9는 가용리더 수가 4개와 8개인 경우 sub-blink의 수신 횟수에 따른 평균 오차거리를 원형과 사각형 그리고 축소된 사각형 배치로 나누어 실험한 결과이다.

가용리더 수가 4개, sub-blink 수신 횟수가 4회 일 때, 원형배치와 축소 사각형 배치의 위치추정 정확도는 약 0.2m의 차이로 원형배치에 근접한 성능을 보이고 있다. 또한, 가용리더 8개, sub-blink 수신횟수 4회일 때, 원형 배치에 비하여 축소 사각형 배치는 약 0.3m 저하된 위치추정 성능을 보이고 있다. 이러한 축소 사각형 배치는 RTLS 규격에서 권고하는 3m 이내의 오차범위를 만족하며, 또한 가로, 세로 300m의 사각형 배치에 비하여 전체적으로 약 0.2m~0.3m의 정확도 향상을 보인다. 그러나 제안하



는 위치추정 알고리즘이 리더와 실제 탐색영역과의 이격거리가 멀어질수록 위치추정의 정밀도는 향상되지만, 탐색영역이 협소해지는 단점이 발생하기 때문에, 최소의 이격거리를 가지면서 최대의 탐색영역을 확보할 수 있는 이격거리 조정이 필요하다.

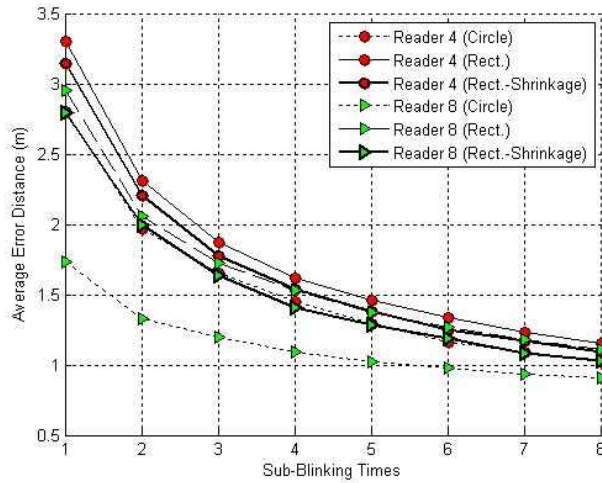


그림 9. 가용리더 수에 따른 평균 오차거리 (원형 배치, 사각형 배치, 축소 사각형 배치)

Fig. 9. Average error distance according to the available reader number in the circle, rectangle, and shrinkage rectangle arrangement shape.

4-5 위치추정 성능 백분율

그림 10의 (a)와 (b)는 가용리더 8개, sub-blink 4회인 경우, 원형 배치와 축소 사각형 배치에서 오차거리에 따른 백분율을 나타내고 있다. 원형배치의 경우 3m 이내의 위치 추정 정확도와 2.348m 이내의 위치추정 정확도는 각각 99%와 96%이다. 그러나 축소 사각형 배치의 경우 3m 이내의 위치추정 정확도와 2.348m 이내의 위치추정 정확도는 각각 95%와 87%이다. 축소 사각형 배치의 오차거리별 백분율에서 2m 이내의 오차거리는 약 80%로 원형배치의 2m 이내의 오차거리별 백분율인 90% 보다는 10% 저하된 성능을 보이지만 RTLS 규격에서 권고하는 3m 이내의 백분율에서 약 4% 차이를 보이므로, 탐색범위 확장시 적합한 리더배치로 고려될 수 있다.

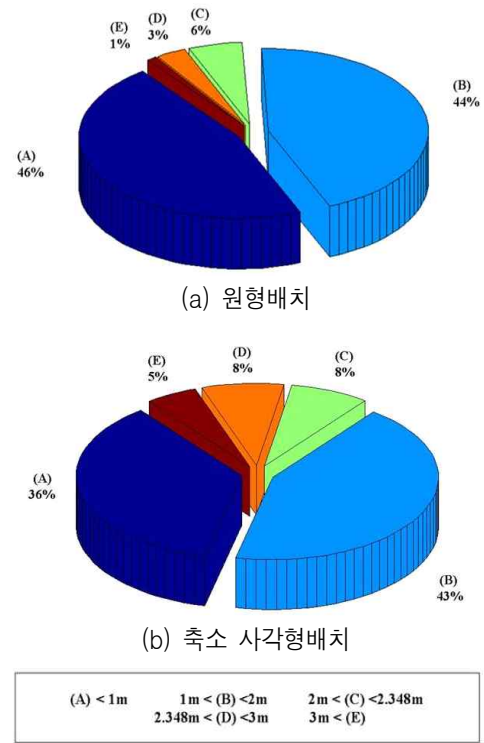


그림 10. 오차거리별 위치 추정 성능 백분율 (원형 배치, 축소 사각형 배치)

Fig. 10. The percentage of location estimation error distance in the circle and shrinkage rectangle arrangement shape.

4-6 위치추정 발생빈도

그림 11의 (a)와 (b)는 원형 배치와 축소된 사각형 배치의 오차거리 히스토그램으로 0.25m 간격의 오차거리별 발생 빈도를 확인할 수 있다. 축소된 사각형 배치의 경우 오차범위 3m 이내의 위치추정 발생 빈도는 원형배치에 비하여 전체적으로 저감된 발생 빈도를 보이고 있다. 이는 축소된 사각형배치의 경우 3개의 리더를 임의로 조합하는 과정에서 리더배치의 예외조건에 해당하는 리더 조합이 발생하는 경우에는 해당 조합을 제외 하였으므로 원형배치에 비하여 위치추정의 경우의 수가 감소하였기 때문이다. 또한 탐색범위의 크기 자체가 줄었으므로 탐색범위 내에 존재하는 태그의 표본 수 또한 감소하였기 때문에 발생빈도의 수가 원형에 비하여 감소하였다. 그러나 실험에서 추정 가능한 태그 표본의 개수는 300m×300의 탐색범위에서 3m 간격으로 태그가 존

재한다고 가정하였으므로 탐색범위 내에 총 10,201개의 태그가 존재하게 된다. 이 중에서 원형배치의 경우 오차거리가 1m인 위치추정 발생빈도수는 약 1,650번으로 전체 표본 대비 발생 빈도는 약 16.17%이다. 그러나 축소된 사각형 배치의 경우 탐색범위가 축소되었으므로 280m×280m 범위 내에 존재하는 태그의 표본은 총 9,034개이며, 이 중 오차거리가 1m인 위치추정 발생빈도수는 약 1,200으로 탐색범위 내에 존재하는 태그의 전체 표본 대비 약 13.28%로 원형배치에 약 3% 차로 근접한 성능을 보이고 있다. 그러므로 제안하는 위치 추정 알고리즘이 탐색범위 확장을 위한 사각형 구조의 리더 배치에서도 고려할 만한 신뢰성이 나타남을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 항만의 야적장에서 선적대기 또는 보관중인 컨테이너의 위치를 추정하는 RTLS 시스템에 위치기반 유비쿼터스 서비스 제공을 위해 필수적으로 요구되는 위치추정 알고리즘을 적용하였으며, 리더의 배치 형태별로 위치추정 성능을 분석하였다.

RTLS가 실제로 사용될 환경은 넓은 범위의 탐색영역을 다수의 기본 탐색영역으로 분할하여 격자로 배치한 형태가 될 것이며, 추가 확장이 가능한 기본 탐색영역은 300m×300m, 2차원 평면상의 정사각형으로 RTLS 규격에서 권고하고 있다.

실험에서 리더 배치 형태는 탐색범위를 중심으로 원형 배치와 사각형 배치 그리고 탐색범위 확장이 가능한 축소 사각형 배치를 고려하였으며, 수신된 sub-blink 수에 따른 태그의 평균 추정오차 거리를 산출하여 리더 배치 형태별로 성능을 분석하였다.

분석 결과 가용 리더가 8개, sub-blink가 4번 일 때, 리더 배치가 원형인 경우 3m 이내의 위치추정 정확도는 약 99%이며, 실제 환경에서 컨테이너의 구분 간격인 2.348m 이내의 위치추정 정확도는 약 96%였다. 이에 위치추정의 정확성이 우수한 원형 배치와 탐색범위 확장시 리더의 효율적인 배치가 유리한 사각형 배치의 장점을 절충한 축소된 사각형 배치 형태를 제안하였으며, 동일 조건에서 축소된 사각형 배치의 경우 3m 이내의 위치추정 정확도는 약 95%이며, 2.348m 이내의 위치추정 정확도는 약 87%로 RTLS 규격에서 권고한 반경 3m의 이내의 오차거리를 만족하였다.

따라서 제안하는 위치추정 알고리즘이 탐색범위 확장이 용이한 축소된 사각형 구조의 리더 배치에서도 높은 신뢰성의 위치 추정 성능이 나타남을 확인하였다. 향후 연구로 최소의 이격거리를 가지면서 최대의 탐색영역을 확보할 수 있는 이격거리 조정에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

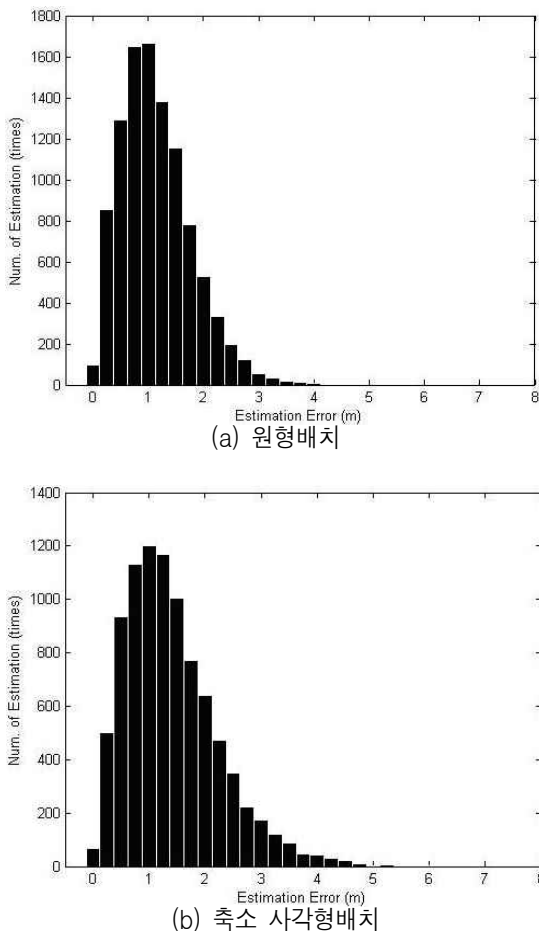


그림 11. 오차거리별 위치추정 발생빈도 (원형 배치, 축소 사각형 배치)

Fig. 11. The histogram of location estimation error distance in the circle and shrinkage rectangle arrangement shape.



참 고 문 헌

- [1] J. Schiller and A. Voisard, *Location-Based Services*. Morgan Kaufmann, 2004.
- [2] 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.
- [3] T. G. Kanter, "Attaching context-aware services to moving locations," *IEEE Internet Computing*, vol. 7, Iss. 2, Mar.-Apr. 2003.
- [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.
- [5] Xingfa Shen, Zhi Wang, Peng Jiang, Ruizhong Lin, and Youxian Sun, "Connectivity and RSSI based localization scheme for wireless sensor networks," *ICIC 2005*, Part II, LNCS 3645, pp. 578-587, 2005.
- [6] Y. T. Chan and K. C. Ho, "A simple and efficient estimator for hyperbolic location," *IEEE Transaction on signal processing*, vol. 42, no. 8, Aug. 1994.
- [7] B. T. Fang, "Simple solutions for hyperbolic and related position fixes," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 26, no. 5 Sep. 1990.

정 승 희 (鄭昇喜)



2005년 2월 : 한국기술교육대학교  
정보통신공학과(공학사)  
2005년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대  
학교 전기전자공학과 석사과정  
관심분야 : 휴대인터넷, USN/RFID,  
RTLS

이 현 재 (李賢載)



1998년 2월 : 수원대학교 정보통신학  
과(공학사)  
2001년 2월 : 한국기술교육대학교 전  
기전자공학과(공학석사)  
2004년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대  
학교 전기전자공학과 박사과정  
2001년 1월 ~ 2003년 4월 : 텔슨전자

(주) 연구소 근무

2003년 5월~2004년 12월 : 시그널스펙트럼(주) 단말 연구  
소 근무

관심분야 : SDR, USN/RFID, 모바일 인터넷, CR

오 창 헌 (吳昌憲)



1988년 2월 : 한국항공대학교 항공통  
신공학과(공학사)  
1990년 2월 : 한국항공대학교 대학원  
항공통신정보공학과(공학석사)  
1996년 2월 : 한국항공대학교 대학원  
항공전자공학과(공학박사)

1990년 2월 ~ 1993년 8월 : 한진전자(주) 기술연구소 전  
임연구원

1993년 10월 ~ 1999년 2월 : 삼성전자(주) CDMA 개발팀  
선임연구원

1999년 2월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 정보기술공학  
부 부교수

2006년 8월 ~ 현재 : 방문교수(University of Wisconsin-  
Madison)

관심분야 : 이동통신, 무선통신, Wireless Sensor N/W, CR