
무선 센서 네트워크를 이용한 항만 터미널내 컨테이너 위치결정 방식에 관한 연구

최대우*

A study on the location recognition method of containers in container terminal
utilizing wireless sensor network

Dae-Woo Choi*

요 약

RFID/USN을 적용한 항만 컨테이너 터미널의 효과적인 운영에 관한 방안이 모색되고 있다. 본 논문에서는 각 컨테이너에 무선 센서 노드가 하나씩 배치되어 있다는 가정하에 각 노드가 인접노드로부터 오는 전파의 세기 (RSSI: Received Signal Strength Indicator) 값을 측정하여 서버로 전송하면 이를 근거로 항만 컨테이너 야적장(장치장)내에 적재된 컨테이너의 위치를 실시간으로 확인하는 방안을 제안한다. 이를 위하여 RSSI값에 근거한 컨테이너 위치결정 알고리즘을 제안하고 성능을 분석한 후 응용 프로그램으로 구현하여 컨테이너별 위치확인이 가능함을 확인하였다.

ABSTRACT

There are some trials to adopt the RFID/USN technologies at container terminals for effective terminal operations. In this paper, we propose a realtime location recognition method for stacked containers under the assumption that each container has a wireless sensor node to measure the RSSI values from neighbor nodes. We develop an RSSI based location algorithm with performance evaluations by RSSI measurement and application program implementation.

키워드

무선센서 네트워크, 위치인식, 전파세기측정

Key word

Wireless sensor network, location recognition, RSSI

* 정희원 : 동명대학교 정보통신대학 전자공학과 부교수
(wchoi58@gmail.com)

접수일자 : 2010. 12. 20
심사완료일자 : 2011. 01. 10

I. 서 론

RFID/USN 기술을 적용하여 항만 컨테이너 터미널의 운영을 효율화 하려는 시도가 진행되고있다. 즉, 항만내 각종 차량, 크레인, 외부의 컨테이너 운반차량과 컨테이너에 RFID 태그를 부착하여 양·적하 작업의 효율을 높 이려고 하는 것이다[1][2].

항만 컨테이너 터미널의 자동화를 위한 위치추적 분야를 두가지로 나누어 볼수 있다. 첫째는 항만내에서 운 행되는 차량의 위치추적으로 평면적인 위치 결정에 해 당된다. 항만 내부에서 운행되는 차량에는 T/C (Transfer Crane), C/C (Container Crane), Y/T (Yard Tractor) 등이 있 으며 RFID/USN 기술의 적용은 주로 이러한 차량을 대 상으로 하고 있다[3][4].

두 번째로는 야적되어 있는 개별 컨테이너의 위치확 인에 관한 것인데 3차원적 위치 결정에 해당된다. 항만 내 장치장에 3차원으로 야적된 컨테이너의 위치를 결정 하는 방법으로 기존에 제안된 연구결과로 초음파 센서 를 이용하는 방안[5]과 센서네트워크를 사용하는 방안 [6]이 있다. [5]에서 제안한 방식은 초음파 센서를 별도의 고정적 구조물 상에 설치해야 함으로 어려움이 예상 되고, 가정하고 있는 컨테이너의 적재 방식이 현재 우리 나라 항만의 그것과 차이가 난다. [6]에서 제안한 방식은 멀티홉 센서네트워크에서 컨테이너의 식별자가 전송되 어온 홉의 수로 위치를 결정하는 것으로 완전한 원형의 엄격한 전파도달 환경을 적용한 시뮬레이션 결과이다. 이는 실제 환경에 적용시 엄밀한 전파세기 및 도달범위 의 조절문제와 여러개의 루팅경로가 있을 경우 위치결 정에 문제가 생길수 있다.

본 연구에서는 컨테이너의 3차원적 위치파악을 위해 무선 센서 네트워크 (WSN, Wireless Sensor Network)와 RSSI (Received Signal Strength Indicator)를 적용하여 고정적인 부가구조물이 없고 홉카운트에 의존하지 않는 방안을 제시하고 성능 확인 실험과 함께 위치결정 알고 리즘을 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제1장 서론에 이어 제 2장에서는 RSSI 방식에 의한 위치식별 방안에 관하여 기술한다. 제3장에서는 컨테이너의 위치식별을 위한 알고리즘을 제안하며 제4장에서는 제안된 알고리즘의 성능을 실험과 응용프로그램으로 분석하고 마지막으로 제5장에서 결론을 맺는다.

II. RSSI에 의한 위치 식별

2.1 RSSI에 의한 상대적 위치식별 방식

무선환경에서 RSSI에 의한 거리측정에 관한 연구가 진행되고 있다. 이것은 어떤 지점의 전파 수신전력이 전 파의 출발점에 비해 약해진 정도에 의해 출발점으로부터의 거리를 추정하는 방식이다[7][8][9].

RSSI 방식은 위치측정을 위해 직진성이 강한 초음파 또는 적외선을 이용할수 없거나 높은 거리 해상도를 확보하기 위해 부가적인 장비의 설치가 부적절한 경우 고려해 볼수 있는 방식이다. 또한, RSSI 방식으로 거리를 측정할 때 측정값에 영향을 줄수 있는 요소는 송신전력, 무선 주파수, 노드의 위치(안테나 특성), 위치결정 알고리즘 등이 있다[8].

본 연구에서는 각 노드의 송신전력이 동일하다는 가정하에 동종의 무선센서노드를 사용하여 위치결정에 영향을 주는 변화요소를 최소화 한다. 노드의 위치에 따른 영향을 최소화 하기 위해 어떤 노드에서 자신이 측정할 이웃노드의 RSSI값만을 근거로 해서 자신으로부터 가까운 노드와 멀리있는 노드를 구분하도록 하고 이에 근거해서 각 노드의 상대적 위치를 찾는 방안을 제안한다.

2.2 무선센서 네트워크

무선센서 네트워크는 IEEE802.15.4 [10] 표준을 기반으로 하는 WPAN (Wireless Personal Area Network) 기술로서 각 노드는 기본적으로 배터리로 동작되면서 초소형, 초경량화를 목표로하는 통신기술이며 각종 산업현장에 응용되고 있다.

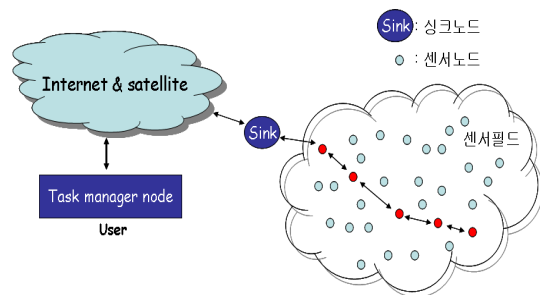


그림 1. 무선 센서 네트워크의 일반구조
Fig. 1 General structure of WSN

그림 1은 무선 센서 네트워크의 일반적인 모형이다. 센서필드는 무선센서 노드들로 구성되고 노드에 의해 수집된 정보는 멀티홉으로 싱크노드까지 전달된다. 싱크노드는 데이터 처리장치에 직접연결되거나 인터넷 등을 통해서 연결될 수도 있다. 최근 상용화 된 무선센서 노드에서 제공하는 RSSI값이 수신전력과 선형적인 비례 관계를 보이고 있다[11].

III. 컨테이너 위치 결정 알고리즘의 제안

3.1 컨테이너 야적장의 센서네트워크 모델링

그림 2는 항만내 컨테이너 야적장의 모습이다. 컨테이너의 크기는 20ft 용량 기준으로 폭 2.348m, 높이 2.390m, 그리고 길이는 5.899m 정도 이다. 장치장에는 이러한 컨테이너가 열을 지어 야적된다.



그림 2. 항만 컨테이너 야적장
Fig. 2 Container terminal

컨테이너 장치장내에 적재된 각각의 컨테이너의 일정한 위치에 무선 센서노드가 하나씩 장착되어 있다고 가정하면 3차원의 센서 필드가 형성된다. 가로와 세로로 각각 n개와 m개씩의 컨테이너가 쌓인다고 하면 한 면당 $n \times m$ 개의 센서노드로 구성된 센서필드가 만들어진다. 한 열당 k개의 면이 있다고 가정하고 각 면마다 하나의 싱크를 둔다. 각각의 센서노드들이 이웃 노드로부터 도달하는 전파의 세기 즉, RSSI 값을 측정하여 자신과 이웃노드의 식별자와 함께 싱크노드로 전달하면 싱크에 연결된 서버에서는 RSSI값의 크기를 기준으로 각 노드의 상대적 위치를 결정하게 된다.

야적장내에 컨테이너가 적재되어 있는 모습을 그림 3

과 같이 나타낼 수 있다. 편의상 컨테이너를 정육면체로 표현하였으며 여러 개의 평면으로 구성된다.

컨테이너 마다 센서노드가 하나씩 부착되고 각 노드는 A, B 또는 C 평면 내에서 고유한 식별자 (그림에서 숫자로 표현)를 갖는다. 기준노드1과 2는 별도의 센서노드로서 평면마다 두며 기준노드도 타 노드의 신호세기를 측정한다. 평면내 모든 노드와 기준노드2는 자신의 노드식별자, 인접노드식별자, 인접노드로부터의 신호세기(RSSI값)을 싱크노드인 기준노드1로 전송한다. 평면이 커지면 멀티홉으로 싱크까지 전송된다. 싱크노드는 서버와 연결되어 있으며 서버에서는 수신된 RSSI값과 송수신 노드 ID를 기준으로 위치결정 알고리즘이 수행된다.

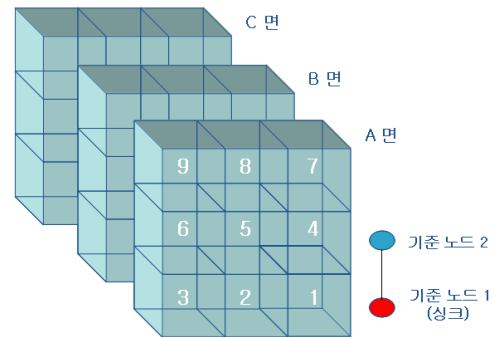


그림 3. 장치장내 컨테이너 야적 모델
Fig. 3 Model of the stacked containers

3.2 위치결정 알고리즘

평면의 안쪽에 위치한 노드가 측정한 RSSI값 중 최대값을 찾으면 거리가 같은 좌측, 우측, 위, 아래 4개의 노드가 동일한 값으로 발견된다고 가정한다. 이것은 실제 적용시 RSSI값이 가장 큰 4개의 노드를 찾는다는 것을 뜻한다. 또한 평면의 가장자리는 알고 있다고 가정한다. 컨테이너 적재시 평면의 크기는 T/C의 크기에 의해 결정된다. 평면의 크기를 $n \times m$ (가로 x 세로) 할때 우측하단의 위치를 (1,1), 좌측 상단의 위치를 (n,m)이라고 가정한다.

- 1) 기준노드1이 측정한 것중 RSSI가 가장 큰 노드를 (1,1)에 위치한다. 이것이 그림 11에서 1번노드이다. 이때 기준노드2도 검출될 것이지만 제외한다.
- 2) 1번노드가 측정한 노드중 RSSI가 가장 큰 노드 3개를

찾는다. 1번이 가장자리이기 때문에 4개를 찾을 필요 없다. 2, 4번과 기준노드1이 검출되면 기준노드1은 제외시키고 기준노드2에 가까운것을 (2,1)에 위치하고 (노드번호 4번) 다른 하나는 (1,2)에 위치시킨다(노드 번호 2번).

- 3) 2번노드가 측정한 노드중 RSSI가 가장 큰 노드 3개를 찾는다. 2번이 가장자리이기 때문에 4개를 찾을 필요 없다. 1, 3, 5번이 검출되면 1번은 위치가 결정되었으므로 노드4에 가까운것을 (2,2)에 위치하고(노드번호 5번) 다른 하나는 (1,3)에 위치시킨다(노드번호 3번).
- 4) 3번노드가 측정한 노드중 RSSI가 가장 큰 노드 2개를 찾는다. 3번이 가장자리이기 때문에 4개를 찾을 필요 없다. 2번과 6번이 검출되면 2번은 위치가 결정되었으므로 노드5에 가까운것을 (2,3)에 위치시킨다(노드 번호 6번).
- 5) 4번노드가 측정한 노드중 RSSI가 가장 큰 노드 3개를 찾는다. 4번이 가장자리이기 때문에 4개를 찾을 필요 없다. 1, 5, 7번이 검출되면 1,5번은 위치가 결정되었으므로 나머지를 (3,1)에 위치시킨다(노드번호 7번).
- 6) 5번노드가 측정한 노드중 RSSI가 가장 큰 노드 4개를 찾는다. 5번은 내부에 있기 때문에 4개를 찾는다. 2, 4, 6, 8번이 검출되면 2, 4, 6번은 위치가 결정되었으므로 나머지를 (3,2)에 위치시킨다(노드번호 8번).
- 7) 위의 과정을 반복하면 (n, m)위치의 노드까지 찾을 수 있다.

평면마다 기준노드를 두고 기준노드에 유일한 식별자를 부여하면 전체 컨테이너의 위치를 식별할 수 있다. 실제 컨테이너 야적장에서 적용시 기준노드를 T/C에 부착하여 각 면을 지나갈 때 스캔하는 방식으로 하면 별도의 부가물 설치 없이 가능하다.

IV. 위치결정 알고리즘의 성능 분석

4.1 테스트 베드

그림 4는 본 연구에서 사용한 TinyOS v.1 [12]의 메시지 포맷이다. MultihopMsg 중 originaddr는 본 패킷을 최초 송출하는 노드의 주소이고, sourceaddr는 본 패킷을 전송하는 중계노드의 주소, seqno는 본 패킷을 전송하는 중계노드의 패킷 sequence number, hopcount는 본 패킷을 전송하는 중계노드의 hop count이다.

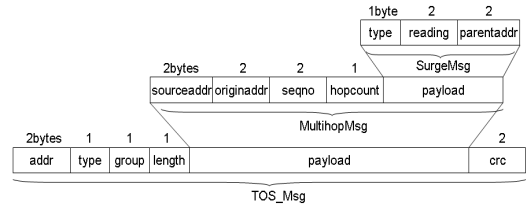


그림 4. WSN 메시지 포맷
Fig. 4 Message format for WSN

많은 센서노드에 채택되고 있는 IEEE802.15.4 프로토콜 처리를 위한 반도체인 CC2420에서는 내부 레지스터의 RSSI_value bit를 1로 세팅하면 CRC 필드 2바이트 중 첫 번째 바이트에 자신이 측정한 RSSI값을 넣어서 전송하게 되어있다[11].

4.2 RSSI값에 의한 컨테이너 식별

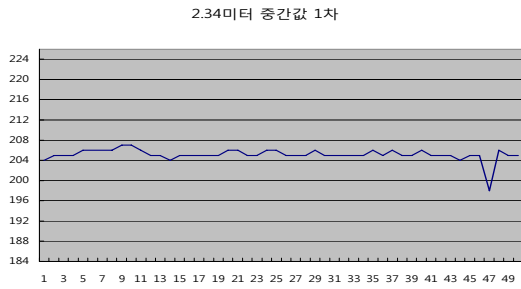
4.2.1 실내측정 및 필터링 기법 결정

용적이 20피트인 컨테이너의 측면 길이는 2.34m 내지 2.35m 이므로 야적장에서 컨테이너 구분을 위해서는 전파의 세기가 2.34m 단위로 구분이 가능하면 된다.

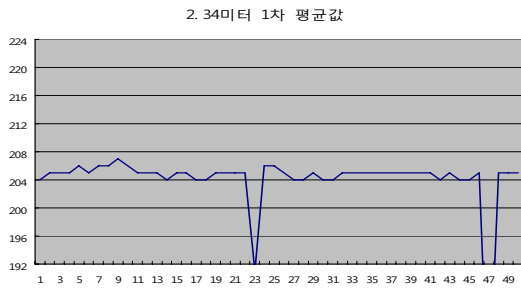
가능성을 확인하기 위하여 먼저 실내에서 컨테이너 폭 2.34m를 기준으로 그 배수 되는 거리에서의 RSSI값을 센서노드를 이용하여 측정하였다. 측정 거리는 2.34m, 4.68m 및 7.03m로 하였다. 각 노드는 주기적으로 RSSI값을 측정한다. 무선 신호의 페이딩 현상에 의한 오차를 보정하기 위하여 싱크노드로 들어오는 데이터는 10개 단위로 필터링하였으며 적합한 필터링 방식은 중간값, 최대값 및 평균값 필터등 3가지이다. 필터링시 윈도우가 데이터 10개 단위로 점프하도록 하였다. 실내는 사무용 가구와 간이벽이 많은 복잡한 환경이지만 센서노드와 싱크간에는 LOS(Line of Sight)가 확보되도록 하였다.

그림 5는 2.34m 거리의 RSSI값을 측정한 후 필터를 적용한 결과이다. 그림 5의 a)는 중간값 필터링 결과이며 안정적인 결과를 보이고 있다. b)는 평균값필터를 적용한 것으로 갑작스런 RSSI값 변동이 보이고 있으며 이것은 전파의 페이딩 현상에 의한 것으로 판단된다. 이와같은 페이딩 현상이 걸리지 않게 되면 위치 결정시 일시적인 오류가 발생하게 된다. c)는 같은 실험결과에 최대값 필터를 적용한 것인데 RSSI값이 205에서 209사이에서 안정적인이다. 3가지 필터링 방식을 비교한 결과 평균값 필터는 페이딩 현상의 완화가 용이하지 않고 최대값

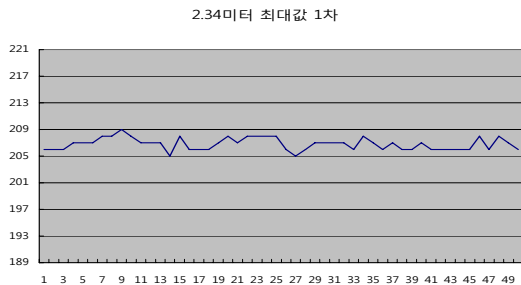
필터를 사용할 경우에는 4.68m나 7.03m 등 다른 거리에서 측정된 결과와 혼동되는 순간이 발생할 우려가 있으므로 실제 적용시 중간값 필터방식을 사용키로 한다.



(a)



(b)



(c)

그림 5. 거리 2.34m에서의 RSSI값 측정결과(실내)
(a) 중간값 필터 적용 (b) 평균값 필터 적용
(c) 최대값 필터 적용

Fig. 5 Measured RSSI at 2.34m, Indoor
(a) Median filter (b) Average filter (c) Maximum filter

그림 6과 그림 7은 4.68m와 7.03m에서 3차례씩 측정된 값의 중간값 필터링 결과를 중첩하여 비교한 것이다. 3회에 걸쳐 측정된 값이 모두 일정 범위내에 분포함을 알 수 있다.

4.68m 중간값 비교

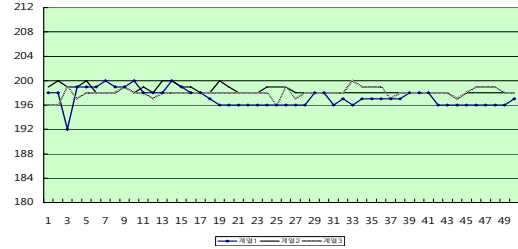


그림 6. 거리 4.68m에서의 RSSI값 측정결과(실내,중간값필터)

Fig. 6 Measured RSSI at 4.68m (Indoor, Median filter)

7.03m 중간값 비교

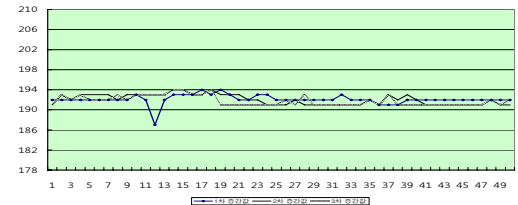


그림 7. 거리 7.03m에서의 RSSI값 측정결과(실내,중간값필터)

Fig. 7 Measured RSSI at 7.03m (Indoor, Median filter)

그림 8은 2.34m, 4.68m와 7.03m에서 중간값 필터링 결과를 비교한 것이다. 비교를 통하여 중간값 필터링을 수행한 RSSI 값에 의해 컨테이너 폭인 2.34m 단위의 거리 구분이 충분히 가능함을 알 수 있다.

거리별 중간값 비교

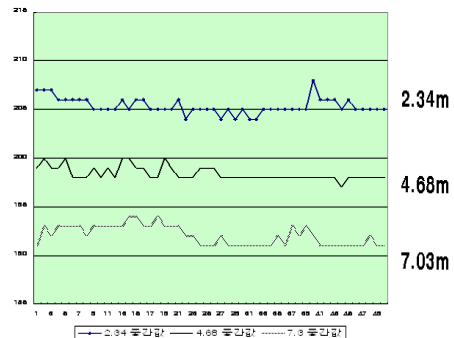


그림 8. 거리 2.34, 4.68, 7.03m에서의 RSSI값 측정결과(실내,중간값필터)

Fig. 8 Measured RSSI at 2.34, 4.68 and 7.03m (Indoor, Median filter)

4.2.2 야적장내에서의 위치결정 성능분석

실내에서의 측정결과에 따라 실제 적용 가능성을 확인하고 부산광역시 남구 감만동에 위치한 신선대 터미널을 방문하여 컨테이너 야적장 환경에서 측정을 하였다. 장치장 내부는 철제 컨테이너와 크레인등이 혼재하는 곳으로 전파환경이 매우 열악한 곳이다.

그림 9와 같이 적재된 컨테이너의 전면 우측하단(그림의 왼내부)에 WSN 싱크노드를 위치시키고 ①-⑤까지 5곳의 RSSI 값을 측정하였다. 싱크로부터의 거리는 각각 2.34m, 2.9m, 4.1m, 4.86m 및 5.8m이다. 거리에 따른 RSSI 값을 측정하기 위한 실험이므로 기준노드를 설치할 필요는 없다.

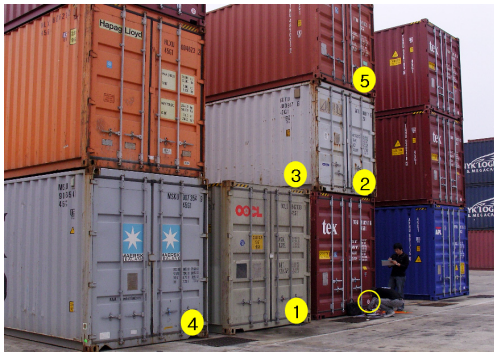
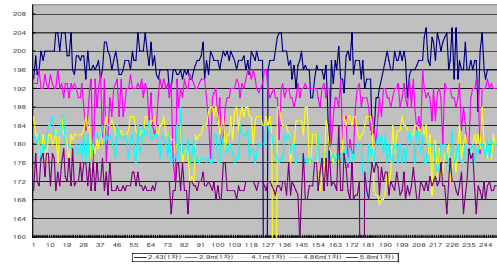
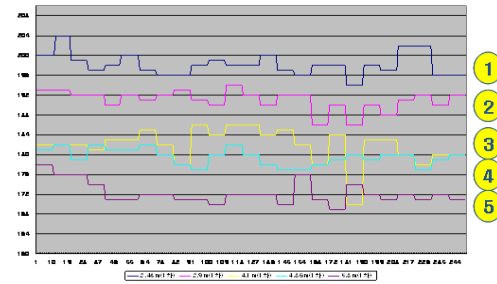


그림 9. 컨테이너 장치장에서의 RSSI 측정
Fig. 9 RSSI measurement at Container terminal

그림 10은 실제 측정된 결과(a)와 중간값 필터링한 결과(b)이다. 그림 10 b)의 ①-⑤는 그림 9의 동일번호 위치에서 측정한 결과이다. 컨테이너와 컨테이너 사이의 공간에서도 측정을 하였으며 결과는 그림 11에 보이고 있다.



(a)



(b)

그림 10. 야적장내 RSSI값 측정결과
(a) 실제 측정된 값 (b) 중간값 필터링 결과
Fig. 10 Results of RSSI measurements at CY
(a) measured value (b) after median filtering

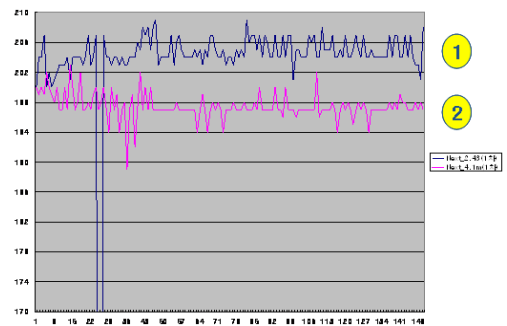
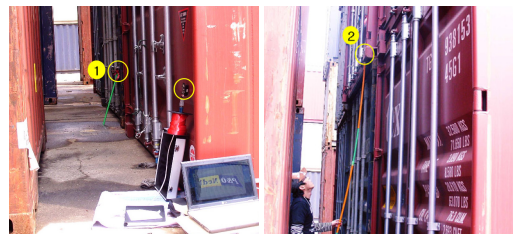


그림 11. 컨테이너 사이 공간에서의 RSSI 측정결과
Fig. 11 RSSI values between containers

본 실험의 결과 컨테이너 야적환경에서 측정된 RSSI 값을 이용하여 컨테이너의 상대적 위치를 구분하는 것이 가능하다는 것을 알수있다. 즉 가장 가까운 거리에 있는 ①, ②의 신호가 ③에서의 신호와 확실히 구분이 되고 있으며 ④, ⑤에서의 신호도 들어오지만 차이가 많기도 하거나 제안된 알고리즘에서 제외하기 때문이다.

4.3 위치결정 알고리즘의 구현

제3장에서 제안한 알고리즘을 그림 12와 같이 응용 프로그램으로 구현하였다. 그림 12의 1영역은 시리얼 설정부로 싱크노드와 서버간의 통신을 위한 것이고 2영역은 파일저장부로서 수신된 RSSI값 원본을 저장할 수 있도록 하였다. 3영역은 RSSI값 필터링 결과를 보여주는 창으로서 수신 패킷번호(sequence), 그룹식별자(GroupID), 패킷의 소스주소(Src_Addr), 소스주소의 노드가 측정한 상대방주소(Tget_Addr), 오리지널 RSSI값(Origin_RSSI), 중간값으로 필터링한 값(Single_RSSI)이 표시되고 있다. 4영역은 위치결정 알고리즘 수행결과 결정된 위치가 표시되고 있는 것을 보여준다.

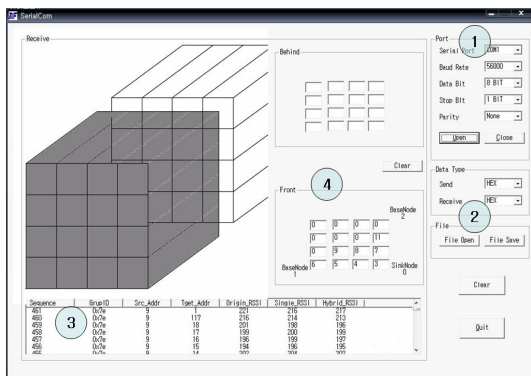


그림 12. 컨테이너 위치결정 프로그램
Fig. 12 Implemented program of the proposed algorithm

구현된 알고리즘의 시험을 위해 앞서 측정된 RSSI 값을 이용하여 가상 데이터를 만들었다. 4 x 4 평면에 대한 실험결과 25초후에 싱크와 가장 인접한 노드의 위치가 결정되었고 맨 마지막 16번째 노드의 위치가 결정되기까지는 2분 22초가 더 소요되었다. 효율적인 프로그래밍과 서버의 성능에 따라서 알고리즘의 실행속도는 개선된 여지가 충분히 있다.

V. 결론

본 연구에서는 항만내 컨테이너 야적장에 3차원으로 적재된 컨테이너의 위치를 실시간으로 결정하기위하여 무선 센서 네트워크와 RSSI 값을 이용하는 방안을 제안하고 실험과 구현을 통해 확인하였다.

이를 위하여 RSSI 값을 기준으로 컨테이너의 위치를 결정하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 컨테이너의 일정 위치에 부착된 WSN 노드들이 인접노드의 RSSI 값을 측정하고 이 값을 자신의 식별자, 피측정노드 식별자와 함께 서버로 전송하면 서버에서는 알고리즘에 따라 싱크노드를 기준으로 n x m 크기의 평면상에서 상대적인 위치를 결정하게 된다.

위치결정 알고리즘의 성능을 확인하기 위하여 실험실과 항만 컨테이너 터미널 현장에서의 실제 측정을 통해 한 변이 2.34미터인 컨테이너를 구분할 수 있음을 확인하고 응용 프로그램으로 구현하여 확인하였다. 알고리즘의 실행시간을 개선하는 노력은 계속해야 될 것으로 사료된다.

본 연구에서 제안한 RSSI에 의한 위치결정 알고리즘은 항만 컨테이너의 적재위치 결정 또는 미아찾기와 같이 해상도 수 센티미터 범위의 정밀성을 요구하지 않고 신호의 직진성에 의존하는 기술이나 부가물의 설치가 용이하지 않은 경우에 설치비용을 최소화 할수 있는 장점이 있다.

참고문헌

- [1] 박남규, 서창갑, “RFID 기반 항만물류 정보화 전략 계획수립 최종보고서,” 해양수산부, 2005.7.
- [2] 경남발전연구원, “u-port 구축사업의 의미와 기대 효과,” 경남정책 Brief, 제33호, 2009.8.
- [3] 박두진, 최영복, “RTLS를 활용한 유비쿼터스 항만 운영시스템 구축방안”, 한국콘텐추학회논문지, Vol.6, No.12, pp.128-135, 2006.12.
- [4] 권순량, 정광주, 박상훈, 김정훈, “유비쿼터스 항만 운영 효율화를 위한 RTLS 기술 적용”, 정보과학회 논문지:컴퓨팅의 실제 및 레터, 제13권, 제6호, pp.371-377, 2007.11.
- [5] 이현우, 정광주, 감달현, 김정훈, 권순량, “항만 컨테

- 이러 터미널 장치장에서 3차원 RTLS 설계에 관한 연구, 2007년도 대한전자공학회 하계종합학술대회논문집, 제30권, 제1호, pp.503-504, 2007.
- [6] 정동호, 정연수, 김정효, 백윤주, “유비쿼터스 물류 환경을 위한 컨테이너 위치 확인 시스템 설계 및 구현”, 한국정보과학회 2005 가을 학술발표논문집, Vol.32, No.2(I), pp,205-207, 2005.
- [7] J. Hightower, C. Vakili, G. Borriello, and R. Want, “Design and calibration of the SpotON ad-hoc location sensing system,” University of Washington, Seattle, Technical report UW CSE 01-08, Aug. 2001.
- [8] Abdalkarim Awad, Thorsten Frunzke, and Falko Dressler, “Adaptive distance estimation and localization in WSN using RSSI measures,” 10th Euromicro Conference on Digital System Design Architectures, Methods and Tools, 2007 (DSD 2007), pp.471-478, 2007.
- [9] Uwe Grossmann, Markus Schauch, Syuzanna Hakobyan, “RSSI based WLAN Indoor Positioning with Personal Digital Assistants,” 4th IEEE Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications 2007 (IDAACS 2007), pp.653-656, 2007.
- [10] IEEE 802.15.4-2003 : IEEE standard for MAC and PHY specification for Low Rate Wireless Personal Networks (LR-WPANs), 2003.
- [11] Texas Instruments, “CC2420 2.4GHz IEEE 802.15.4 / Zigbee-ready RF Transceiver.
- [12] Tiny OS Korea 홈페이지 (<http://www.tinyos.or.kr>)



최대우(Dae-Woo Choi)

1981년 경북대학교 전자공학과
공학사

1983년 경북대학교 전자공학과
공학석사

1997년 KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사

1983 ~ 1999년 ETRI 교환전송기술연구소 선임연구원

1999.3. ~ 현재 동명대학교 전자공학과 부교수

2010.9. ~ 현재 부경대학교 초빙교수

※ 관심분야: 센서네트워크, 통신프로토콜, 통신망