

외적요인에 따른 RSS 특성 분석과 이를 이용한 실시간 위치 추적 시스템 구현에 관한 연구

A Study On RTLS(Real Time Location System) Based on RSS(Received Signal Strength) and RSS Characteristics Analysis with the External Factors

이 승 호*★
Seung-Ho Lee**★

Abstract

In this paper, we analysed RSS characteristics by external factors and presented an efficient algorithm for real-time location tracking and its hardware system. The proposed algorithm enhanced the ranging accuracy using Kalman Filter based on the RSS DB. The location tracking system that consists of the tag, AP(Access Point), a data collector(Data Receiver) with IEEE 802.15.4(ZigBee) network environment, and location tracking application that reveal locations of each tag is implemented for the test environment. The location tracking system presented in this paper is implemented with MSP430 microprocessor manufactured by TI(Texas Instrument), CC2420 RF chipset and the location tracking application. With the results of the experiment, the proposed algorithm and the system can achieve the efficiency and the accuracy of location tracking with the average error of 19.12cm, and its standard deviation of 5.31cm in outdoor circumstance. Also, the experimental result shows that exact tracking of position in indoor circumstance cannot achieve because of vulnerable RSS with external circumstance.

요 약

본 논문에서는 외적요인에 따른 RSS 특성을 분석하고, RSS를 이용한 효율적인 실시간 실외 위치 추적 알고리즘과 그에 기반 한 시스템을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 지정된 공간 내에서의 위치별 신호 세기를 DB화하여 칼만 필터 이론을 적용한 예측을 통한 정확한 좌표를 선별하는 방법을 적용하여 위치 추적의 정확도를 높였다. 제안된 알고리즘의 검증에 위한 하드웨어 장치로는 802.15.4(ZigBee) 네트워크 환경에서 위치 정보를 전송하기 위해 태그(Tag), AP(Access Point), 데이터 수집기(Data Receiver) 등으로 구현하였다. 각각의 하드웨어는 Texas Instrument(TI)사의 MSP430 마이크로프로세서와 CC2420 무선통신 칩을 사용하여 구현되었다. 또한 태그 위치를 2차원 평면상에 나타내기 위한 실시간 위치 추적 프로그램을 구현하였다. 제안된 알고리즘에 기반 한 실시간 위치 추적 시스템을 구축하여 태그의 위치를 추적한 결과 외적요인에 비교적 안정한 RSS 값을 갖는 실외 환경에서는 19.12cm의 평균 거리 오차와 5.31cm의 표준편차를 갖는 실시간 위치 추적 시스템의 효율성과 정확성이 나타남을 확인할 수 있었다. 한편, 외적요인에 의해 불안정한 RSS 값을 갖는 실내 환경에서는 제안한 알고리즘과 그에 기반 한 시스템이 정확한 실시간 위치 추적에 다소 어려움이 있음을 확인할 수 있었다.

Keywords : RSS(Received Signal Strength), IEEE 802.15.4(ZigBee), MSP430, CC2420,RF chipset, USN(Ubiquitous Sensor Network)

* 국립 한밭대학교 전자공학 전공 (Department of Electronic Engineering, Hanbat National University)

★ 교신저자(Corresponding author)

接收日 : 2011년 3월 5일, 修正完了日 : 2011년 3월 29일

1. 서론

USN(Ubiquitous Sensor Network)은 다가오는 유비쿼터스 사회에서 기반이 되는 중요한 기술로, 일정

한 지역에 여러 개의 센서 노드들을 위치시켜 주변 정보들을 수집하고, 수집된 정보를 처리하여 중앙 관리 센터에 전송하는 체계이다.[1] 즉, 모든 대상체에 태그를 부착시켜 정보를 수집하고, 수집된 정보를 관리 및 제어하는 기술을 말한다. USN의 주요 기술 중 하나인 위치 추적 기술을 사용한 RTLS(Real Time Location System)는 네트워크상에 존재하는 자원들의 위치 정보를 수집하여, 자원의 효율적인 관리와 제어를 가능하게 한다.

RTLS란 실시간 위치 추적 시스템이다. 이는 능동형 태그를 사용하는 기술이며, 많은 분야에 사용되고 있다. 정확한 위치 추적 및 이동 경로가 필요한 고가 자산이나 사람의 위치확인 및 이동경로 추적 정보, 그리고 중요지역의 출입자 관리 등에 활용될 수 있다. 또한 차량의 위치, 자재의 위치 등 실내, 실외의 다양한 분야에서 사용되고 있다. 능동형 태그는 다양한 센서 기능을 추가할 수 있으며, 온도, 진동, 습도, 빛 감지, 탈부착 감지 등 변화 정보를 실시간 모니터링 및 관리할 수 있다.

그림 1은 본 논문에서 적용하고자 하는 RTLS의 구성도를 나타내고 있다. 고유한 ID를 가지고 있는 태그를 위치를 확인하고자 하는 대상체에 부착하면, 태그가 일정 시간 간격으로 자신의 정보를 AP에게 전송한다. AP는 태그로부터 정보를 받아 데이터 수집기로 전달하게 된다. 데이터 수집기는 AP로부터 전송되는 데이터들을 수집하여 LAN 또는 CDMA 방식을 사용하여 중앙 관리 센터에 전송한다. 중앙 관리 센터에서는 이 데이터들을 종합 및 분석하고, 사용자가 필요한 정보로 변환시켜 사용자에게 전달해준다. 한편 AP간의 거리는 최대 100m 이내로 설정하고 지정된 공간의 실외 위치 추적 시스템에 적용한다.

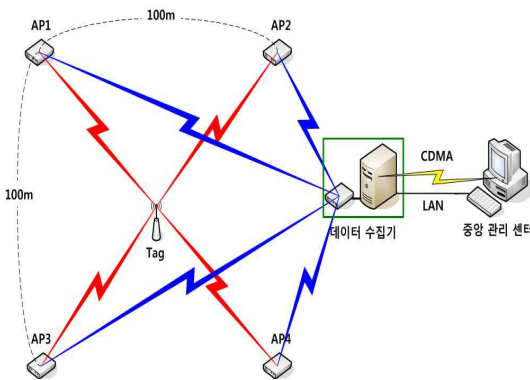


Fig. 1. Proposed RTLS Structure

그림 1. 본 논문에서 적용하고자 하는 RTLS의 구성도
본 논문에서는 직접 제작한 무선통신 장비인 태그,

AP, 데이터 수집기 등으로 구성된 IEEE 802.15.4 네트워크 환경에서 외적요인에 따른 RSS 특성을 분석하고, 지정된 공간의 실외 위치 추적 시스템을 위한 실험 환경을 구축하여 개선된 RSS 알고리즘을 기반으로 보다 정확한 지정된 공간의 실외 위치 추적 시스템을 구현한다. TI사[2]의 MSP430 마이크로프로세서와 2.4GHz 대역의 무선통신이 가능하며 IEEE 802.15.4를 지원하는 CC2420 무선통신 칩을 기반으로 무선통신 장비를 설계한다. 또한 데이터 수집기에서 무선통신을 통해 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 다시 중앙 관리 센터에 전송하여 응용프로그램을 통해 위치를 추적하는 방법으로 시스템을 구성한다. 한편 위치추적에 필요한 태그와 AP간 거리는 RSS를 측정하여 거리를 산출하고, 중앙 관리 센터의 응용프로그램 내에서 위치를 계산한 후 알고리즘을 통해 오차를 개선시키는 방법을 사용한다. 실험을 통해 외적요인에 따른 RSS 특성을 확인하고, 본 논문에서 제안한 비정상 데이터 선별 알고리즘이 보다 정확한 위치 추적을 가능하게 함을 확인한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 위치 추적 기술에 관련된 연구에 대하여 설명한다. 3장에서는 개선된 RSS 기반의 위치 추적 시스템 구현에 대하여 설명하고, 4장에서는 실험방법에 대하여 설명한다. 5장에서는 실험결과에 대하여 고찰을 수행하고, 6장에서는 결론과 앞으로 나아가야 할 연구 방향에 대하여 설명한다.

2. 위치 추적 기술에 관련된 연구

본 장에서는 위치추적기술과 관련된 선행기술에 대하여 논한다. 위치 추적 기술은 두 지점간의 거리를 계산하는 거리측정기술과 측정된 두지점간의 거리를 통해, 3개 이상의 거리정보를 통한 2차원 평면상에서의 위치를 추정하는 위치추정기술이 있다. 거리측정기술은 다음과 같다.

2.1 RSS(Received Signal Strength)

RSS를 이용한 거리 측정 방식은 수신된 태그의 신호 세기를 측정하여 이용하는 것으로, 태그와 AP 사이에서의 파워 손실 혹은 경로 손실을 신호가 이동한 거리와 연결시키는 방식이다. RSS 기반의 무선 장비들은 설계가 간단하고, 추가적인 장치가 필요하지 않아 가격면에서 유리하다. 그러나 무선통신 장비의 안테나 방향, 장애물, 주변 구조물의 재질 등은 신호의 경로 손실에 커다란 영향을 미치기 때문에 환경에 따라 측정된 RSS 값이 안정적이지 않을 수가 있다

[3],[4].

2.2 TOA(Time of Arrival)

TOA를 이용한 거리 측정 방식은 태그와 AP 사이에서 신호가 전달되는데 걸린 시간차를 측정하여 이를 거리로 변환해 위치추적에 이용하는 방식이다 [5],[6],[7]. AP와 태그 사이의 시간 차이가 일정한 지점들을 이용해 태그의 위치를 계산한다. TOA를 사용한 위치 추적 시스템이 RSS를 사용한 방식보다 높은 정확도를 보여주는 것은 하나, 위치 계산과정이 복잡하고 계산 양도 많으며 모든 AP들에 대해 고정밀 타이머를 제공해야 한다.

2.3 AOA(Angle of Arrival)

AOA를 이용한 거리 측정 방식은 수신된 신호의 방향에 대한 정보를 사용하여 위치를 추적하는 방식이다. 하나의 AP에 4~12개의 안테나를 각 방향별로 배치하고, 태그로부터 신호를 수신받은 각각의 AP 안테나의 방향이 서로 만나는 지점을 이용해 태그의 위치를 계산한다[8]. AOA를 사용한 위치 추적 시스템이 높은 정확도를 보여주는 것은 하나, 빔 포밍(Beam Forming)을 위한 지향성 안테나가 요구되고 규모가 작은 AP에 여러 개의 안테나를 장착할 경우 안테나 사이의 위치가 가까워 효과적인 각도 산출에 어려움이 있기 때문에 시스템의 규모가 커지게 된다.

앞서 기술한 3가지의 거리측정기술 중 본 논문에서는 설계가 용이하며, 추가적인 장치가 필요하지 않아 저렴한 가격으로 센서 장비를 만들 수 있는 RSS에 기반한 거리측정기술을 적용하며, 위치추적을 위한 삼각측량법[9],[10],[11]을 이용하여 지정된 공간에서의 실외 위치 추적 시스템을 구현한다. 그러나 주변 환경에 영향을 받아 안정하지 않은 RSS를 사용하여 실외 위치 추적을 하였을 경우에 정확한 위치를 추적하는데 어려움이 있게 된다. 따라서 본 논문에서는 환경에 영향을 많이 받는 RSS를 제한한 비정상 데이터 선별 알고리즘을 이용하여 안정화 시킨 후에, 개선된 RSS를 사용하여 보다 정확한 위치를 추적한다.

3. 시스템 구현

3.1 전체 하드웨어 구성 블록도

실험에 필요한 무선통신 장비는 태그, AP, 데이터 수집기로 나뉘어지며, 각각의 무선통신 장비는 크게 제어부, 무선통신부 전원으로 구성된다. 각 부분은 그림 2에서와 같이 MSP430 마이크로프로세서를 사용하여 전반적인 시스템을 제어하도록 하였으며, CC2420

무선통신 칩을 사용하여 저 전력, 사용의 용이성을 가진 근거리 무선 센서네트워크의 대표적 기술인 ZigBee 표준을 이용하여 무선 네트워크를 구성하였고, CP2102 USB-UART 브리지를 사용하여 마이크로프로세서 통신환경인 UART와 USB사이의 원활한 통신을 가능하게 했으며, MSP430의 ROM에 펌웨어를 다운로드하는 모드와 ROM에 저장된 펌웨어를 실행하는 모드를 결정해주는 스위치로 이루어져있다.

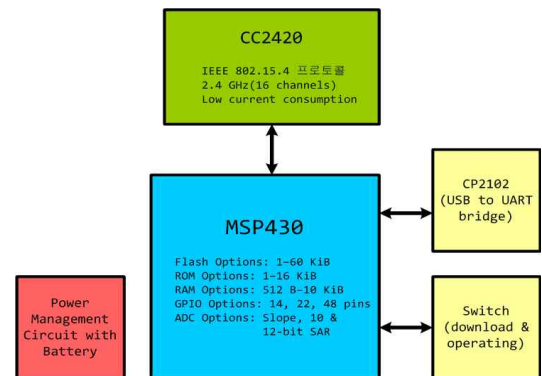


Fig. 2. The Block Diagram of Hardware

그림 2. 하드웨어 구성 블록도

3.2 펌웨어

설계과정에 따라 하드웨어가 설계된 이후에 TI사 MSP430 MCU를 위한 GCC toolchain인 MSPGCC 컴파일러를 사용하여 크로스컴파일 환경을 구축 하였다. 무선통신을 제어하기 위해 장비에 탑재할 OS(Operation System)는 CC2420 무선통신 칩을 동작하게 하는 드라이버 부분과 backoff 및 CCA 알고리즘이 구현되어 있는 TinyOS를 사용하였다.

3.3 비정상 RSS 데이터 선별 알고리즘

중앙 관리 센터에서는 수신된 데이터를 처리하여 화면상에 태그의 위치를 출력한다. 데이터를 처리하는 과정은 크게 4가지 부분으로 나눌 수가 있는데, 먼저 데이터를 수신하는 과정, 수신된 데이터에 따라 태그와 AP간의 거리를 산출하는 과정, 산출된 거리를 이용하여 태그의 위치를 계산하는 과정, 예측을 통해 보다 정확한 좌표를 선별하는 과정, 마지막으로 계산된 좌표를 화면에 출력하는 과정을 거쳐 데이터가 처리된다.

그림 3은 제안된 비정상 RSS 데이터 선별 알고리즘의 전체 흐름도를 나타내고 있다.

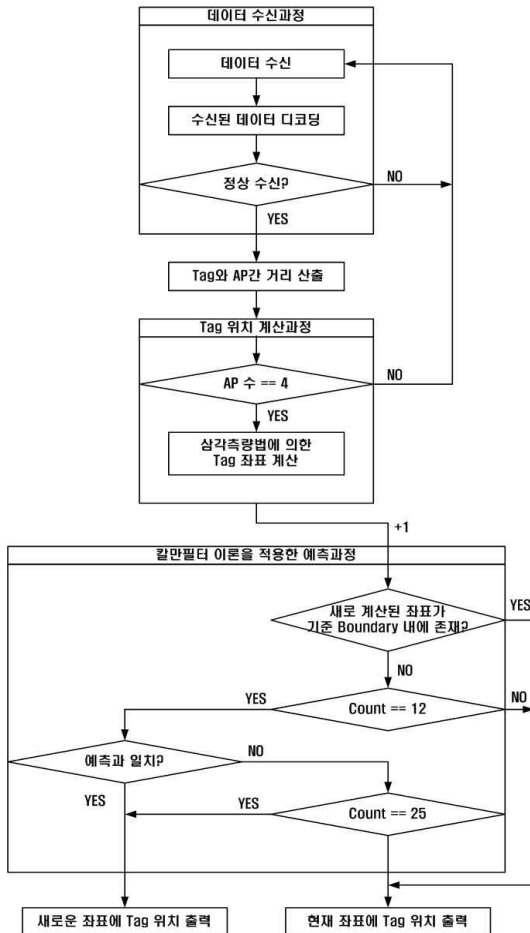


Fig. 3. The Overall Flowchart of proposed abnormal RSS Data Selection Algorithm

그림 3. 제안된 비정상 RSS 데이터 선별 알고리즘의 전체 흐름도

3.4 칼만필터(Kalman Filter) 이론을 적용한 예측과정

왜곡되지 않은 정상 데이터가 수신 되었음에도 불구하고, 삼각측량법에 의해 계산된 좌표가 오차범위를 벗어난다면 이 데이터 역시 비정상 데이터로 간주해야 한다. 이동하는 태그의 위치를 실시간으로 찾는 데 오차범위를 벗어난 위치에 태그가 출력되어 버리면 위치 추적의 의미가 없기 때문이다. 따라서 새로 계산된 좌표는 과거의 좌표를 사용한 예측과 일치하는 데이터인지, 예측을 벗어난 데이터인지를 반드시 판단해야 한다.

보통 사람 20명의 평상시 보폭을 측정하여 평균값인 50cm를 정지 상태로 판단하기 위한 기준범위로 정

한다. 그림 4에서와 같이 현재 좌표의 기준범위 내에 새로 계산된 좌표가 들어오면 정지 상태 데이터로 판단하여 현재 좌표에 태그를 출력한다.

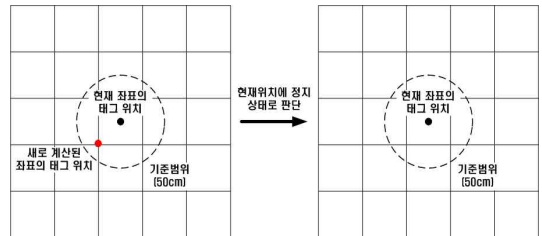


Fig. 4. The Detection of Stop State

그림 4. 정지 상태 판단

한편 현재 좌표의 기준범위를 벗어난 위치에 새로 계산된 좌표가 들어오면 이동 여부를 판단하기 위해 기준범위를 벗어난 데이터가 수신되는 횟수를 카운트 한다. 기준범위를 벗어난 데이터가 수신될 경우 카운트를 연속해서 하고, 기준범위 내에 들어오는 정지 상태 데이터가 수신될 경우 카운트 변수를 초기화한다. 다수의 실험을 통해 얻은 가장 부드러운 위치추적을 수행하는 카운트 횟수인 12회를 카운트 한계치로 정하고, 그림 5에서와 같이 기준범위를 벗어난 데이터의 연속적인 카운트 횟수가 12회 미만까지는 정지한 상태로 판단하여 현재 좌표에 태그를 출력 하고, 연속적인 카운트 횟수가 12회 이상이 되는 경우에는 태그가 이동한 것으로 판단하여 태그의 이동반경을 예측한다. 한편 보통 사람 20명의 뿔 때 보폭을 측정하여 최댓값인 120cm를 한 번의 이동으로 움직일 수 있는 예측범위로 정하여 예측범위 내에 새로 계산된 좌표가 들어오는지 비교한다.

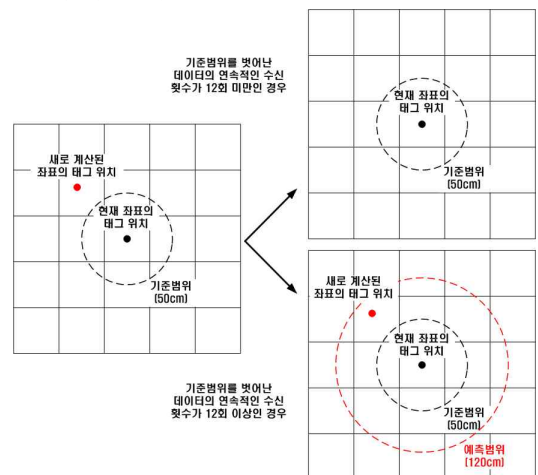


Fig. 5. The Detection of Moving State 1

그림 5. 이동 여부 판단 1

새로 계산된 좌표와 예측범위가 일치하면, 예측범위 내에서 이동방향을 예측하여 태그의 이동여부를 최종적으로 판단한다. 현재 좌표와 과거 좌표를 비교하여 x축 변화량의 크기가 y축 변화량의 크기보다 클 때, x축 변화량의 부호에 따라 (+)일 경우 동쪽, (-)일 경우 서쪽으로 예측방향을 정한다. 또한, y축 변화량의 크기가 x축 변화량의 크기보다 클 때, y축 변화량의 부호에 따라 (+)일 경우 남쪽, (-)일 경우 북쪽으로 예측방향을 정한다. 그림 6에서와 같이 새로 계산된 좌표와 예측범위, 예측방향을 비교하여 최종적으로 태그의 이동여부를 판단한다. 새로 계산된 좌표와 예측범위, 예측방향이 모두 일치하는 경우 태그가 현재 좌표에서 새로 계산된 좌표로 이동했음을 최종적으로 판단하여 새로 계산된 좌표에 태그를 출력하고 카운트 변수를 초기화한다.

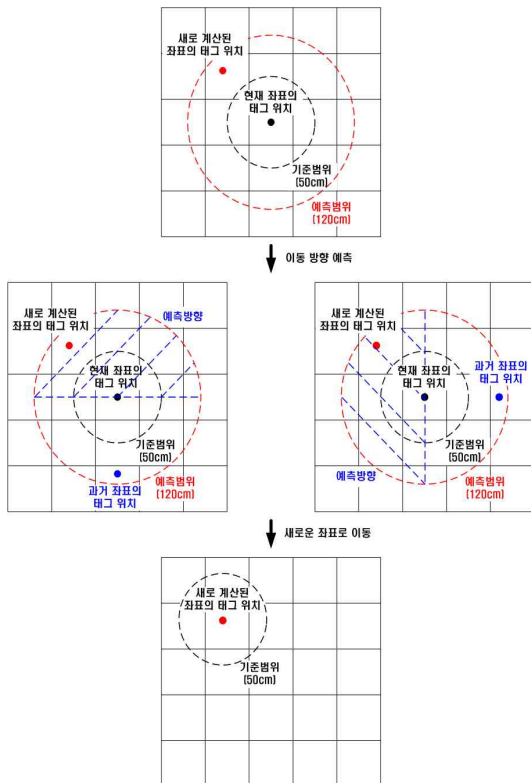


Fig. 6. The Detection of Moving State 2
 그림 6. 이동 여부 판단 2

한편 그림 7에서와 같이 새로 계산된 좌표와 예측범위가 일치하지 않는 경우와 그림 8에서와 같이 새로 계산된 좌표와 예측범위는 일치 하지만 예측방향이 일

치하지 않는 경우에는 현재 좌표에 태그를 출력하고 계속해서 카운트를 수행한다. 다수의 실험을 통해 얻은 예측을 벗어난 움직임을 가장 빠르게 판단하는 카운트 횟수인 25회를 누적 카운트 한계치로 정하여 누적된 카운트 횟수가 25회가 되는 경우에는 예측을 벗어난 이동으로 판단하여 새로 계산된 좌표에 태그를 출력하고 카운트 변수를 초기화한다.

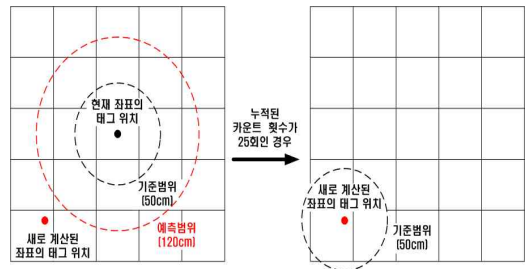


Fig. 7. Incorrect Estimation Range Case
 그림 7. 예측범위를 벗어난 경우

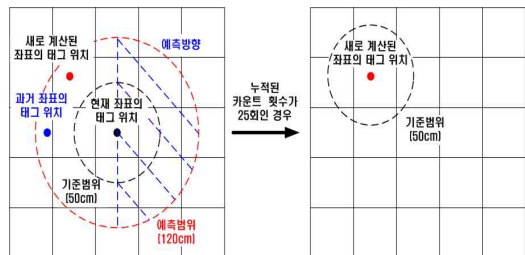


Fig. 8. Incorrect Estimation Direction Case
 그림 8. 예측방향을 벗어난 경우

칼만필터[12],[13] 이론을 적용한 예측과정은 그림 9와 같다.

```

Prediction(ResultRect x, ResultRect y)
{
    int move = 0; // 이동여부 판단을 위한 카운트 변수
    ResultRect = 삼각측량법에 의해 새로 계산된 좌표;
    now_ResultRect = 현재 좌표;
    pre_ResultRect = 이전 좌표; // 이동방향 예측에 필요

    if(새로 계산된 좌표가 기준범위 내에 존재)
    {
        현재 좌표에 태그 출력;
        move = 0; // 카운트 변수 초기화
    }
}
    
```

```

else
{
    if(move >= 12 && move < 25)
    {
        이동반경 예측;
        if(새로 계산된 좌표가 예측반경 내에 존재)
        {
            이동방향 예측;
            if(새로 계산된 좌표가 예측방향과 일치)
            {
                새로 계산된 좌표에 태그 출력;
                now_ResultRect = ResultRect;
                pre_ResultRect = now_ResultRect;
                move = 0;
            }
        }
        else
        {
            현재 좌표에 태그 출력;
            pre_ResultRect = now_ResultRect
            move++;
        }
    }
    else
    {
        현재 좌표에 태그 출력;
        pre_ResultRect = now_ResultRect
        move++;
    }
}
else if(move == 25)
{
    새로 계산된 좌표에 태그 출력;
    now_ResultRect = ResultRect;
    pre_ResultRect = now_ResultRect;
    move = 0;
}
else
{
    현재 좌표에 태그 출력;
    pre_ResultRect = now_ResultRect
    move++;
}
} // Prediction()
    
```

Fig. 9. The Estimation Based on Kalman Filter Theory
 그림 9. 칼만필터 이론을 적용한 예측과정

4. 실험 방법

4.1 실험 환경

본 실험에 사용한 무선통신 장비인 태그, AP, 데이터 수집기 등은 MSP430 마이크로컨트롤러, CC2420 무선통신 칩, 안테나 등으로 구성되어 있다. 태그, AP, 데이터 수집기가 각각의 기능으로 작동하도록 펌웨어를 수정하여 다운로드하고, 위치 측정을 위해 개발된 응용프로그램을 사용하여 태그의 위치를 측정한다. 실험 환경은 그림 10에서와 같이 개활지(옥상)에서 가로, 세로 2.5m로 만들어진 실험장소의 4개의 모서리에 AP1, AP2, AP3, AP4를 각각 고정시키고 태그는 모자에 부착시켜 사람이 직접 착용한 후에 위치를 측정하였다.



Fig. 10. The Experimental Environment
 그림 10. 실험 환경

4.2 응용 프로그램의 구현

중앙 관리 센터에서는 데이터 수집기로부터 수신된 데이터를 사용하여 위치추적을 한 후에 사용자에게 사용자가 원하는 정보를 제공하기 위하여, 그림 11과 같이 화면상에 태그의 현재 위치를 실시간으로 출력해주는 응용 프로그램을 구현하였다. 태그가 실시간으로 움직임에 따라 화면상에 출력되는 반응속도는 1초 내외로 실시간 위치추적이 가능하게 구현하였다.



Fig. 11. The Application Program
 그림 11. 응용 프로그램

5. 실험 결과

5.1 외적요인에 따른 RSS 특성

외적요인에 따른 RSS 특성을 알아보기 위해 온도와 습도의 차이가 있는 실내와 실외 두 장소에서 태그와 AP간의 거리는 1.5m로 일정한 간격을 유지시키고, 태그의 전원은 전원 공급 장치(Power Supply)를 사용하여 일정한 전원을 공급하도록 하여 RSS 값을 측정하였다. 매 시각마다 온도와 습도를 측정하고, 1시간 동안 수집된 데이터들의 평균값으로 RSS 값을 산출하여 각각의 데이터를 분석하였다. 실내와 실외의 온도에 따른 RSS 특성은 각각 그림 12, 그림 13과 같고, 실내와 실외의 습도에 따른 RSS 특성은 각각 그림 14, 그림 15와 같다.

실외에서 온도에 따른 RSS 특성을 나타낸 그림 12의 그래프에서 알 수 있듯이 실외에서 온도가 증가하면 RSS 값은 감소하는 선형적인 변화를 확인 할 수 있다. 즉 온도가 증가하면 신호의 감쇠가 늘어남다는 것을 확인하였다. 한편 실내에서 온도에 따른 RSS 특성을 나타낸 그림 13의 그래프에서는 온도에 따라 선형적인 변화를 보이는 실외환경과 달리 비선형적인 변화를 확인하였다.

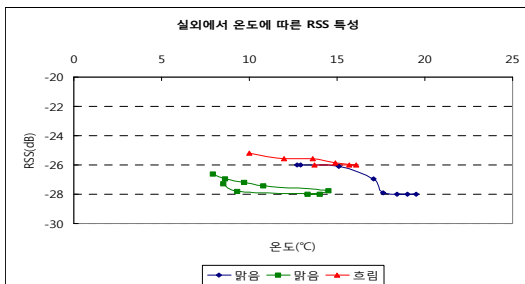


Fig. 12. The RSS Character of Outdoor Temperature
 그림 12. 실외에서 온도에 따른 RSS 특성

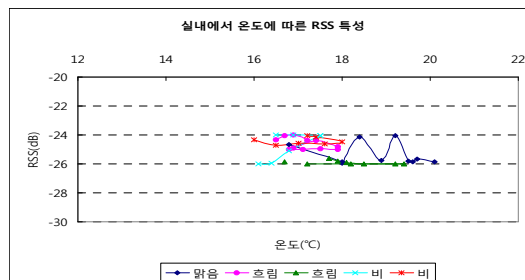


Fig. 13. The RSS Character of Indoor Temperature
 그림 13. 실내에서 온도에 따른 RSS 특성

실외에서 습도에 따른 RSS 특성을 나타낸 그림 14의 그래프에서 알 수 있듯이 실외에서 습도가 증가하면 RSS 값도 증가하는 선형적인 변화를 확인 할 수 있다. 즉 습도가 증가하면 신호의 감쇠가 줄어든다는 것을 확인하였다. 한편 실내에서 습도에 따른 RSS 특성을 나타낸 그림 15의 그래프에서는 습도에 따라 선형적인 변화를 보이는 실외환경과 달리 비선형적인 변화를 확인하였다.

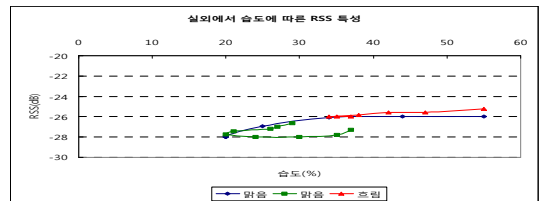


Fig. 14. The RSS Character of Outdoor humidity
 그림 14. 실외에서 습도에 따른 RSS 특성

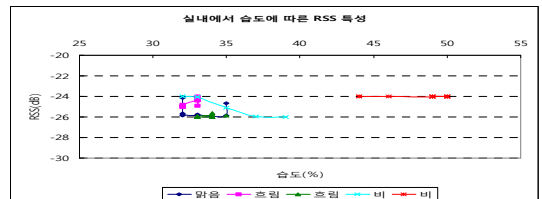


Fig. 15. The RSS Character of Indoor humidity
 그림 15. 실내에서 습도에 따른 RSS 특성

또한 그림 16의 그래프에서는 실외와 실내에서 모두 거리가 증가함에 따라 RSS 값이 감소하는 선형적인 변화를 확인 할 수 있다. 한편 개활지인 실외 환경에서는 안정한 RSS 값이 측정되는 것과 달리 실내 환경에서는 실내 구조물에 의한 멀티패스 페이딩(Multi-path Fading)에 의해 불안정한 RSS 값이 측정되는 것을 확인하였다.

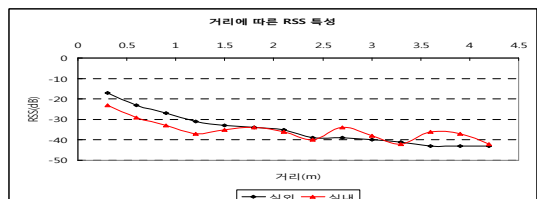


Fig. 16. The RSS Character of Distance
 그림 16. 거리에 따른 RSS 특성

5.2 실시간 위치 추적 시스템

그림 17에서와 같이 가로, 세로 각각 2.5m로 만들어진 실험장소를 50cm 간격으로 나누어 총 25개의 구역을 만들어 준다. 이때 위치 측정은 25개의 모든 구역에서 실시되었다. 그림 17에서와 같이 각각의 구역 정중앙에 태그가 부착된 모자를 착용한 사람을 위치시킨 후 AP로부터 데이터를 수신하였다. 수신된 데이터에 의해 좌표가 계산되어 중앙 관리 센터의 화면상에 태그의 위치가 출력될 때 마다 출력되는 좌표를 기억하였다.

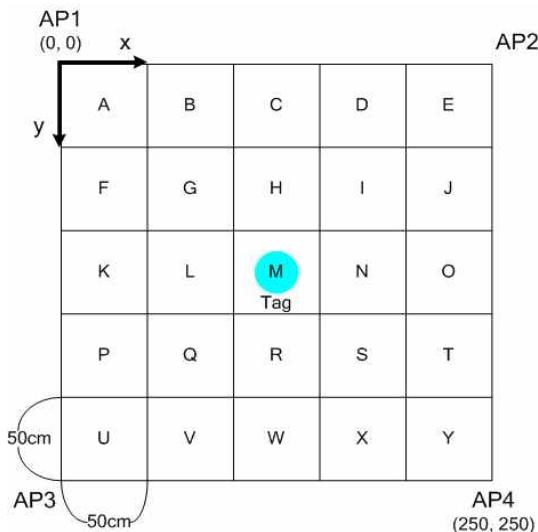


Fig. 17. The Experimental Equipment Divided into 25 Zone
그림 17. 25개 구역으로 나뉜 실험장치

각각의 모든 구역에 대하여 태그의 위치가 화면에 300번씩 출력될 때 까지 AP로부터 데이터를 수집하여 각각의 데이터를 분석하였다. 25개의 구역 중에서 M 구역에 태그가 부착된 모자를 착용한 사람을 위치시킨 후 300회 측정하여 얻은 계산된 좌표의 분포도, 기준점과 계산된 좌표와의 오차는 각각 그림 18, 그림 19와 같다. 그림 18의 그래프에서 알 수 있듯이 태그가 부착된 모자를 착용한 사람이 M구역의 기준점(125, 125)에 위치했을 경우 화면에 출력되는 좌표의 분포는 기준점을 원의 중심으로 하여 반지름 50cm인 원을 그렸을 때 이 원 안에 계산된 좌표가 모두 분포하는 것을 확인 할 수 있다. 이때 기준점을 원의 중심으로 하여 반지름 50cm인 원을 그리면 이 원은 기준점에서의 오차 범위 반경이 된다.

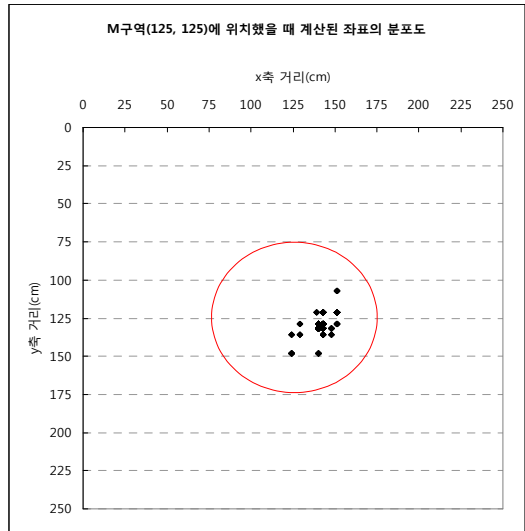


Fig. 18. The Coordinate Distribution of M Zone(125, 125)
그림 18. M구역(125, 125)에 위치했을 때 계산된 좌표의 분포도

또한, 기준점과 계산된 좌표점간의 직선거리를 계산하여 오차를 확인한 결과 그림 19에서와 같이 오차는 50cm를 넘지 않는 범위에 존재한다는 것을 확인하였다.

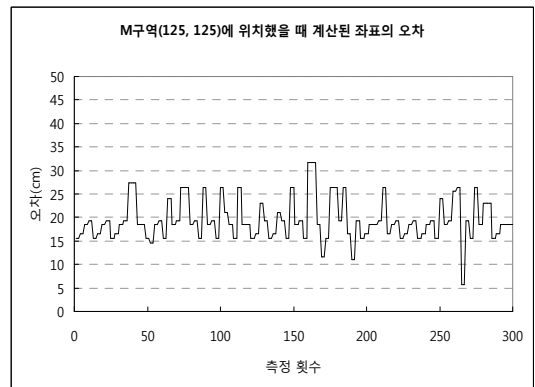


Fig. 19. The Coordinate Error of M Zone(125, 125)
그림 19. M구역(125, 125)에 위치했을 때 계산된 좌표의 오차

동일한 방법으로 25개의 모든 구역에 대하여 위치를 측정하여 얻은 오차의 평균과 표준편차를 계산한 결과는 표 1과 같다. 25개 구역에 대한 총 오차의 평균은 19.12cm, 총 오차의 표준편차는 5.31cm로 측정되었다. 따라서 25개의 모든 구역에서 오차 범위 50cm 이내의 태그가 부착된 모자를 착용한 사람의 위치 측정이 가능하다는 것을 확인하였다.

Table 1. The Average and Standard Deviation of 25 Zone Error

표 1. 25개의 구역에 대한 오차의 평균과 표준편차

구분(x, y)	오차	
	평균(cm)	표준편차(cm)
A구역 (25, 25)	21.38	3.71
B구역 (75, 25)	16.11	5.18
C구역 (125, 25)	19.49	5.55
D구역 (175, 25)	25.15	6.13
E구역 (225, 25)	31.45	9.15
F구역 (25, 75)	21.17	6.07
G구역 (75, 75)	13.04	5.67
H구역 (125, 75)	23.11	7.15
I구역 (175, 75)	22.66	4.33
J구역 (225, 75)	16.99	3.06
K구역 (25, 125)	13.61	3.10
L구역 (75, 125)	21.49	6.57
M구역 (125, 125)	19.29	4.32
N구역 (175, 125)	10.34	4.14
O구역 (225, 125)	18.21	4.56
P구역 (25, 175)	18.58	4.78
Q구역 (75, 175)	18.86	4.64
R구역 (125, 175)	16.45	6.00
S구역 (175, 175)	22.68	7.12
T구역 (225, 175)	11.81	7.41
U구역 (25, 225)	16.15	6.23
V구역 (75, 225)	9.32	4.32
W구역 (125, 225)	17.90	10.19
X구역 (175, 225)	25.43	10.21
Y구역 (225, 225)	27.31	5.29
총 평균(표준편차)	19.12 (5.31)	

6. 결론

본 논문에서는 RSS를 이용한 효율적인 실시간 실내 위치 추적 알고리즘과 그에 기반 한 시스템을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 AP로 수신되는 태그의 신

호의 세기 중 적용하고자하는 공간 내에서의 신호 세기를 DB화하여 칼만필터 이론을 적용한 예측을 통한 보다 정확한 좌표를 선별하는 방법을 통해 정상 데이터만을 추출하는 방법을 적용하여 위치의 정확도를 높였으며, 특히 신호세기에 기반 한 정상 데이터 구간을 위치별로 DB화하여 보다 정확한 위치 추정이 가능하도록 하였다. RSS 기반의 위치 추적 시스템을 구축하여 태그의 위치를 추적한 결과는 실내와 실외 환경에서 온도와 습도, 거리에 따른 RSS 특성을 살펴본 결과 비교적 안정한 RSS 값을 갖는 실외 환경에서 제안한 알고리즘이 오차범위 50cm 이내의 보다 정확한 위치 추적을 가능하게 하였음을 확인 할 수 있었다. 한편 온도와 습도에 따른 비선형적인 변화와 내부 구조에 의해 불안정한 RSS 값을 갖는 실내 환경에서는 제안한 알고리즘과 그에 기반 한 시스템이 정확한 위치 추적에 다소 어려움이 있음을 확인 할 수 있었다.

향후 실내에서 이동하는 태그의 실시간 위치 추적 시스템의 구현을 위해서는 간섭을 제거하는 프로토콜이 내장되고, 마이크로프로세서와 무선통신 칩이 하나로 제작된 SoC(System On a Chip)를 사용하여 신호의 감쇠를 최소화 하고, 예측을 통해 새로 계산된 좌표를 선별하는 알고리즘의 효율성 향상 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci. "A survey on sensor networks", IEEE Communications Magazine, Vol 40, No8, August 2002.
- [2] Texas Instrument. Web: <http://www.ti.com>
- [3] Hyuk Lim, Lu-Chuan Kung, Jennifer C. Hou, and Haiyun Luo, "Zero-configuration, robust indoor localization: Theory and experimentation," IEEE INFOCOM 2006, Barcelona, Spain, April 23-29, 2006
- [4] P.Bahl and V. N. Padmanabhan. "RADAR : An In-Building RF-based User Location and Tracking System". In Proceedings of IEEE INFOCOM 2000, pp.775-784, 2000.
- [5] Neal Patwari, "Location Estimation in Sensor Networks", University of Michigan, p.6, 2005.
- [6] T. Li, A. Ekpenyong, and Y.-F. Huang, "A location system using asynchronous distributed sensors," in Proc. of IEEE INFOCOM, 2004
- [7] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, "The Cricket

location-support system," in Proc. of ACM MOBICOM, 2000.

[8] D. Niculescu and B. Nath, "VOR base stations for indoor 802.11 positioning," in Proc. of ACM MOBICOM, 2004

[9] P. Bahl, and V. N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building rf-based user location and tracking system," in Proc. of IEEE INFOCOM, 2000.

[10] M. Youssef and A. Agrawala, "Small-scale compensation for WLAN location determination systems," in Proc. of WCNC, 2003

[11] P. Bahl, V. N. Padmanabhan, and A. Balachandran, "Enhancements to the RADAR user location and tracking system," Microsoft Research, Tech. Rep. MSR-TR-2000-12, February 2000.

[12] G. Welch and G. Bishop, "An Introduction to the Kalman Filter", UNC-Chapel Hill TR 95-041, 2004.

[13] K. K. C. Yu, et al., "An Adaptive Kalman Filter for Dynamic Harmonic State Estimation and Harmonic Injection Tracking", IEEE Transactions on Comm. Vol. 20, No. 2, 2005, pp. 1577-1584.

저 자 소 개

이 승 호 (정회원)



1986년 : 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1989년 : 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1994년 : 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1994년 3월 ~ 현재 : 국립 한밭대학교

<주관심분야> 집적회로설계(VLSI&CAD), 디지털시스템설계, 마이크로프로세서, 임베디드시스템설계, 전력IT, 컴퓨터응용