

---

# CSS기반 위치인식 시스템 구현에 관한 연구

주준형\* · 김현욱\*\* · 양성현\*\*\*

The Design and Implementation of a CSS based Location Aware System

Jun-Hyeong Ju\* · Hyun-Wook Kim\*\* · Sung-Hyun Yang\*\*\*

---

이 논문은 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)  
[KI10035264, 차세대 유무선 통합 서비스 지원 홈 플랫폼 기술 개발]과 2011년도 광운대학교  
교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

---

## 요 약

위치 인식 시스템은 물류, 의료, 홈 네트워크, 군사, 교통 시스템 등 다양한 분야에서 활용된다. 본 논문에서는 무선 RF만으로 정밀한 위치 인식이 가능한 IEEE802.15.4a의 CSS(Chirp Spread Spectrum)방식을 기반으로 다양한 환경에서 사용할 수 있는 위치인식 시스템을 설계하였다. 실험 결과 20m의 반경을 가지는 공간에서 0.5m 미만의 오차범위를 가지는 위치 인식 시스템을 구현하였다.

## ABSTRACT

Location-aware system is utilized in various fields such as Logistics, Home Network, Healthcare, Military and Transportation systems. In this paper, we designed and implemented a Location-aware system based on IEEE 802.15.4a CSS (Chirp Spread Spectrum) technology in variable environment. The CSS is possible to precision location awareness using RF signal. According to experimental result, the implemented system has recognition error less than 0.5m within 20m radius in space.

## 키워드

위치인식, 센서네트워크, 유비쿼터스, CSS, IEEE802.15.4a

## Key word

Location-aware, Sensor Network, Ubiquitous, CSS, IEEE802.15.4a

---

\* 준회원 : 광운대학교 전자공학과 석사과정 재학 중  
\*\* 정회원 : 광운대학교 전자공학과 석박사통합과정 재학 중  
\*\*\* 정회원 : 광운대학교 전자공학과 교수 (교신저자, shyang@kw.ac.kr)

접수일자 : 2012. 02. 23  
심사완료일자 : 2012. 03. 26

## I. 서 론

정보통신 기술의 지속적인 발전으로 고성능 네트워크 인프라 구축이 가능해졌고, 언제 어디서나 네트워크를 구성할 수 있는 사용자 중심의 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 보편화 되었다. 특히 유비쿼터스 네트워크와 다양한 센서의 활용으로 시간과 공간에 제한이 없는 네트워크 형성이 이루어짐에 따라 사람과 사물과 같은 객체의 위치를 인식하는 LBS(Location Based Services)가 중요한 서비스로 자리 잡게 되었다[1]. 현재는 유비쿼터스 환경에서 스마트 인프라 환경으로 발전함에 따라 정교한 LBS서비스 제공을 위해 위치 인식 정확도를 높이기 위한 연구가 활발하게 연구가 진행되고 있다.

위치 인식에 이용되는 기술로는 위성을 이용한 GPS(Global Positioning System), 지그비(Zigbee), 블루투스, UWB(Ultra Wide Band), WiFi(Wireless Fidelity), CDMA(Code Division Multiple Access) 기술 등이 있다. GPS의 경우 위성을 이용한 방법으로 현재는 삼각측량법 등을 이용한 위치 추적 기술을 적용하여 오차범위가 30~50m로 줄어드는 등 많은 발전이 있었지만, 특성상 음영지역에서는 통신이 불가능 하다[2]. 때문에 실내 스마트 인프라 구축에는 어려움이 있고, 1m 이내의 정확도가 필요한 근거리 환경에서의 적용이 용의하지 못하다. WiFi의 경우 고속의 데이터 전송 속도 가지는 장점이 있으나, 핸드오버 등의 문제점을 가지고 있어 위치 인식 및 추적 기술로는 부적합하다. CDMA 기술을 이용한 위치 인식 정보 제공은 기지국을 중심 반경 1km의 측정범위를 가지고 있어 정밀한 위치 정보 제공 자체가 불가능 하다[3].

과거 정확도를 우선으로 하는 위치 정보 제공 서비스에서는 주로 RF(Radio Frequency), 초음파를 이용하는 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 기술이 주를 이루었다. 하지만 LoS(Line of Sight)의 제약, 고가의 가격 등으로 상용화되지 못하였으며, 군사 및 연구시설 등에서만 주로 사용하였다[4].

2007년에 IEEE 802.15.4a에서는 WPAN(Wireless Personal Area Network)를 위한 표준을 발표하였다. 이 표준은 5GHz 대역을 사용하는 IR-UWB(Impulse Radio-Ultra Wide Band)와, 2.4GHz 대역을 사용하는 CSS(Chirp Spread Spectrum)가 있으며, 이중 CSS의 물리계층에서의 거리측정 오차는 약 1m 내외로 과거 RSSI를 이용한

거리측정 방법보다 정밀한 성능을 보장한다. [5]

현재 IEEE802.15.4a의 UWB, CSS를 적용한 센서를 이용하여 정밀한 거리 측정 및 위치 인식에 관한 연구가 지속되고 있다[2].

CSS를 이용하여 정밀한 거리 측정과 위치 인식에 관한 연구로는 AMP, Filter 등 별도의 장치를 설계하여 신호의 강도를 올리고 잡음을 최소화하여 통신 거리의 확장 및 거리 측정에 대한 정확도를 높이는 방법, 별도의 장치 없이 위치 추정 알고리즘 및 측정되는 거리에 대한 오차를 보정하는 방법을 통해 정확도를 높이는 방법이 주를 이루고 있다[6][7][8][9].

현재까지 알고리즘과 측정 방법을 이용한 거리 측정 및 위치인식 연구의 경우 10m이하의 좁은 통신 반경에서 이루어진 연구로써[2][5][10][11], 본 논문에서는 10m 이상의 넓은 반경에서의 위치 인식 시스템을 구현하고 제안한다.

본 논문에서는 측정된 거리에 오프셋을 적용하여 오차를 보정하는 알고리즘과, 삼변 측량을 적용한 위치 추정 방식, 위치인식을 위한 센서 간 통신 알고리즘 및 패킷을 제안하고 설계하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 본 논문에서 설계하는 위치인식 시스템의 기반인 CSS에 관하여 설명하고, 3장에서는 위치인식 시스템을 설계하고 제안하였다. 4장에서 실제로 위치인식 시스템을 구현하고 실험을 통해 성능을 평가하였다. 마지막으로, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. CSS의 특성

### 2.1. 주파수 및 전송속도

IEEE802.15.4a의 ISM밴드를 사용하는 CSS는 2.45 GHz대역의 주파수를 사용하며, 250kbps~2Mbps의 속도를 제공한다.

### 2.2. Chirp Pulses

Chirp Pulse는 선형주파수에 따라 반송파를 일정한 기울기로 확산시키는 방법으로 생성되며, 업칩(Up-chirp) 및 다운칩(Down-chirp)으로 구분된다. Chirp Pulses신호는 아래 식 (1)으로 표현할 수 있다.

$$S_{chirp}(t) = Re \left[ \exp \left[ j \left( \omega_s + \frac{\omega_{BW}}{2T_{chirp}} t \right) t + \theta_0 \right] \times [u(t) - u(t - T_{chirp})] \right] \quad (1)$$

**Tchirp** : Linear Chirp signal의 Duration

$\omega_s$  : Linear Chirp의 Sweeping이 시작하는 주파수

$\omega_{BW}$  : Sweeping하는 bandwidth

$u(t)$  : Unit Step 함수

그림 1은 시간함수인 SChirp(Chirp Signal)을 나타낸 것으로 일정한 기울기로 주파수가 변하는 것을 나타내었으며, 그림 2를 보면 일정한 기울기로 주파수가 변하는 것에 따라 업칩(Up-Chirp)과 다운칩(Down-Chirp)을 구분함을 알 수 있다.

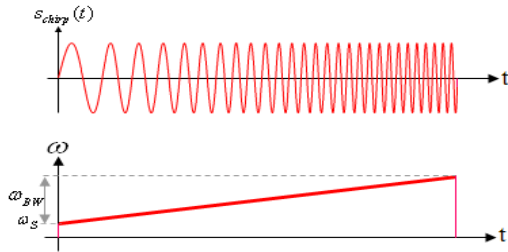


그림 1. Chirp 신호 펄스 및 주파수 변화  
Fig. 1 Chirp Signal Pulse and Frequency Variation

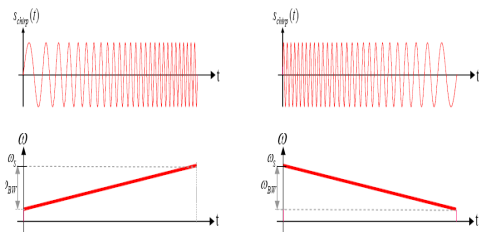


그림 2. 업칩 및 다운칩  
Fig. 2. Up-chirp and Down-chirp

### 2.3. DBO-CSK(Differential Bi-Orthogonal Chirp Spread Shift Keying) 변조 방식

DBO-CSK는 CSS에서 사용하는 변조 방식으로, CSS 신호의 업칩과 다운칩인 Linear Chirp Signal에 Phase Modulation을 하여 Data를 전송하며, Phase Modulation 방식은 Binary Phase와 Quadrature Phase 변조 방식으로 구성된다.

$$S_0(t) = \exp \left[ j \left( \omega_s + \frac{\omega_{BW}}{2T_{chirp}} t \right) t \right] + [u(t) - u(t - T_{chirp})]$$

$$S_1(t) = \exp \left[ j \left( \omega_s + \frac{\omega_{BW}}{2T_{chirp}} t \right) t + \pi \right] + [u(t) - u(t - T_{chirp})] \quad (2)$$

위 식(2)는 Binary Phase Shift Keying 방식으로 기존의 Chirp 신호에 만큼의 위상 차이를 두어 신호를 구분하는 방식이다.

Quadrature Phase Shift Keying 방식으로 Chirp 신호를 만큼의 위상 차이를 두어 변조하는 방식으로 4가지 반송파를 만들며 4가지 반송파를 구하는 식은 아래 식(3)과 같다.

$$S_0(t) = \exp \left[ j \left( \omega_s + \frac{\omega_{BW}}{2T_{chirp}} t \right) t \right] + [u(t) - u(t - T_{chirp})]$$

$$S_1(t) = \exp \left[ j \left( \omega_s + \frac{\omega_{BW}}{2T_{chirp}} t \right) t + \pi/2 \right] + [u(t) - u(t - T_{chirp})]$$

$$S_2(t) = \exp \left[ j \left( \omega_s + \frac{\omega_{BW}}{2T_{chirp}} t \right) t + \pi \right] + [u(t) - u(t - T_{chirp})]$$

$$S_3(t) = \exp \left[ j \left( \omega_s + \frac{\omega_{BW}}{2T_{chirp}} t \right) t + 3\pi/2 \right] + [u(t) - u(t - T_{chirp})] \quad (3)$$

### 2.4. Bi-Orthogonal Mapping

DBO-CSK에서는 신호를 반송파에 Encoding하는 방식으로 Differential Bi-Orthogonal 방식을 이용하며, 3개의 비트를 입력받아 4개의 Bi-Orthogonal Code로 Encoding하여 8개의 신호를 생성하는 8-ary 방식과 6개의 비트를 입력받아 30개의 Code로 Encoding하여 총 64개의 신호를 생성하는 64-ary 방식이 있다.

### 2.5. Data Transmission Mode

데이터 전송모드는 Differential Detection을 사용하며, Coherent Detection에 비해 성능이 떨어지는 점을 보완하기 위해서 3/4 Bi-Orthogonal Coding 방식을 사용한다.

### 2.6. Ranging Mode

시간 측정을 위해 가장 먼저 도착한 신호를 구분하는 방법이 요구되며, DBO-CSK에서는 아래 그림 3과 같이 Chip 신호의 Conjugate 곱을 이용해 사각형의 주파수 성

분을 가지며, 이 특성을 이용하여 수신부에서 이를 역으로 스펙트럼 분석을 하는 방법을 통해 가장 먼저 도착한 Component를 찾아낸다.

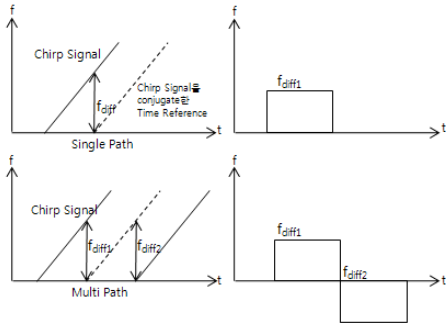


그림 3. Chirp 신호의 Conjugate의 곱  
Fig. 3 Chirp signal conjugate multiplier

2.7. DBO-CSK의 SOP(Simultaneously Operating Piconet)

SOP는 WPAN에서 사용되는 시스템에서는 동시에 여러 그룹통신을 위한 규정으로 DB0-CSS에서는 Piconet을 구분하기 위해 업칩과 다운칩을 이용하여 신호의 특성으로 구분하는 방법과, 신호의 시간차를 두어 구분하는 Different Time-Gap을 이용하는 방법, 이 두 가지를 모두 사용하는 하이브리드 방법으로 구분한다.

2.8. SDS-TWR(Symmetric Double Sided Two-Way Ranging) Protocol

SDS-TWR방식은 두 개의 장비 사이에서 시간측정을 이용하여 거리를 측정하는 방법으로 2개의 장치간 도착 시간과 응답시간을 측정하여 거리를 계산하며, 계산식은 아래 식(4)와 같다.

$$T_{OF} = \frac{T_{\theta A} - T_{ReplyA} + T_{\theta B} - T_{ReplyB}}{4} \quad (4)$$

식(4)는 아래 그림 4에서 Device A와 Device B까지 통신에 걸린 지연 시간과 통신시간 Tround를 Device의 타이머를 이용하여 측정하고 처리지연시간 TReply를 제외한 후 순수하게 A, B Device간의 전파가 전송된 시간을 산출하며, 2번의 송수신의 평균값을 계산하여 전파의 속도 c를 곱하여 거리값 d를 계산한다.

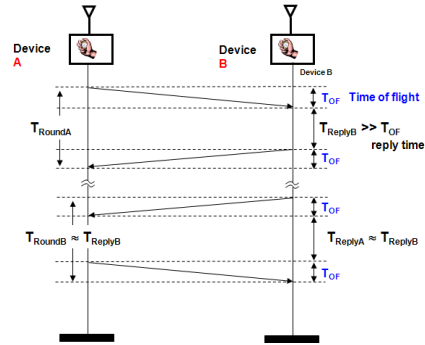


그림 4. SDR-TWR (출처 : IEEE802.15.4a, Nanotron, October 2007)  
Fig. 4 SDR-TWR (the source of the IEEE802.15.4a, Nanotron, October 2007)

III. 위치인식 시스템 설계

본 단원에서는 DBO-CSS의 Ranging 기술을 기반으로, 위치 추정을 위해 삼변측량 방식을 적용한 위치인식 시스템을 제안하고 구현하였다.

3.1. 위치 인식 시스템 기본 구성

우선 삼변측량을 이용한 위치 좌표 추정을 위해 위치 인식의 대상이 되는 Tag Node 최소 1개, 위치를 계산하기 위해 고정되어 있는 Anchor Node 최소 3개, 정보를 수집하기 위한 Base Station 최소 1개의 센서를 가지는 아래 그림 5와 같이 구성되어야 한다. 또한 기본적으로 시스템의 동작은 TagNode와 Anchor Node 1, 2, 3과 거리측정 완료 후 측정된 거리 데이터를 Tag Node는 Base Station으로 전송하여 위치를 측정하는 순으로 동작되도록 설계하였다.

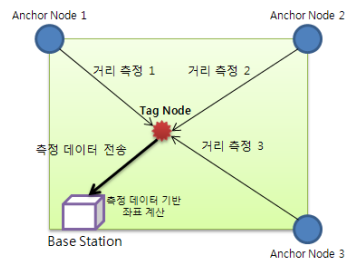



그림 5. 위치인식 시스템 구성  
Fig. 5 Configuration of Location Awareness System

3.2. 거리 측정 및 거리 데이터 보정

기본적으로 위치인식 시스템에서는 거리 측정 값의 정확도가 중요하다. 이에 DBO-CSS방식을 이용하는 독일의 나노트론사의 NanoLoC RF모듈을 이용하여 거리측정 실험을 진행하였다.

표 1. 나노트론사의 NanoLoC RF모듈 및 프로토타입 모듈  
Table. 1 Nanotron of NanoLoC RF Module and Prototype Module

Picture	Parameter	Value
	공급전압	2.3~2.7V
	최대 RF 출력파워	0dBm
	최대 전송 속도	2Mbps
	-10dBm output power 송신	25mA
	0dBm output power 송신	30mA
	수신	33mA
	Power Down Mode	2uA
	채널당 주파수 대역폭	22MHz

실험 방법은 1m, 3m, 5m, 8m, 10m, 15m, 20m 간격으로 데이터를 추출하였으며, 간격마다 1,500개의 데이터를 추출하였다.

실험 결과 아래 표 2와 같이 5m 미만의 간격에서 거리 측정에서는 1m 이하의 적은 오차범위를 가지는 것을 확인 하였다. 하지만, 5m를 넘어가는 실험에서의 측정된 오차는 1m 이상이 되는 것을 확인할 수 있었다.

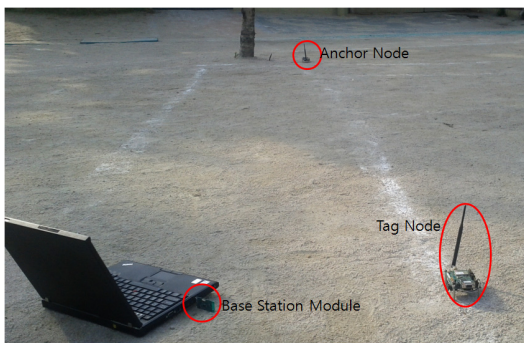


그림 6. 거리 측정 데이터 수집 장면  
Fig. 6 Distance measurement data acquisition scene

표 2. 거리 측정 결과  
Table. 2 Result of Distance Measurement

실제 거리	측정된 거리의 평균 값	최소 오차를 가지는 측정 결과 값
1m	1.154m	1.081m
3m	3.328m	3.040m
5m	5.896m	5.405m
8m	9.297m	8.451m
10m	11.235m	11.150m
15m	16.465m	16.052m
20m	21.959m	21.429m

위치인식 시스템에서 보다 정확한 위치 추정을 위해서는 측정되는 거리값의 정확도를 높일 필요가 있다. 이에 각 거리별로 수집한 1,500개의 데이터에서 가장 작은 오차를 가지는 결과값을 추출하였다. 이 결과는 표 2에 표시하였다. 이 값을 기준으로 5~8m 사이의 측정 데이터에는 0.4m, 8~10사이의 측정 데이터에는 0.8m, 10~15m 사이의 측정 데이터에는 1m, 15~20m 사이의 측정 데이터에는 1.2m, 20m 측정 데이터에는 1.5m 씩 거리에 따른 오프셋을 적용하였으며, 이 결과 각 거리 별 측정되는 거리 데이터의 오차를 0.5m 이내로 줄일 수 있었다.

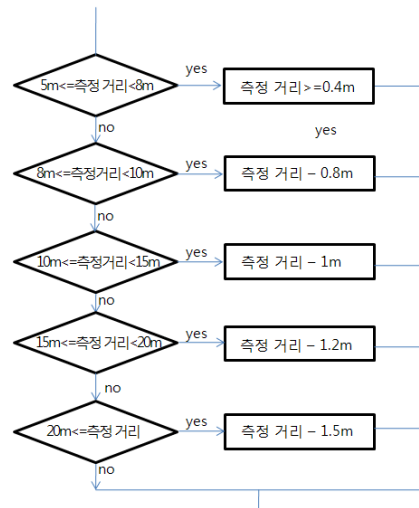


그림 7. 거리측정에 따른 오프셋 적용 알고리즘  
Fig. 7 The applied algorithm at result of distance measurement

오프셋을 적용하는 방법은 참고문헌[2][12]에서 거리 값에 따른 오차율을 줄이는 오프셋 적용 방법을 응용하였다.

3.3. 위치 추정 알고리즘

본 논문에서 제안하는 위치인식 시스템에서는 위치 추정을 위해 3개의 기준점에서 위치를 측정하기 위한 대상과의 거리를 측정된 후, 3개의 기준점을 중심으로 측정된 거리를 반지름으로 갖는 원을 생성하여 겹쳐지는 점을 위치로 추정하는 삼변측량(Trilateration)을 사용하였다.

아래 그림 8은 삼변측량을 이용하여 위치 추정을 하기 위해 Anchor Node와 Tag Node간 거리를 측정하기 위한 구성도이다.

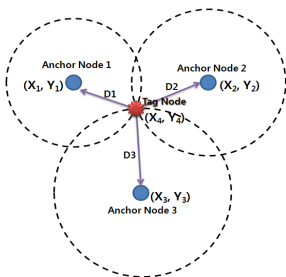


그림 8. 삼변 측량 구성도  
Fig. 8 configuration of Trilateration

위 그림 8에서 우선 Tag Node의 위치에서 각 Anchor Node의로부터 상대적인 위치를 계산하기 위하여, 각 Anchor Node와 태그 노드간의 거리를 구 반지름의 길이를 아래 식 (5), (6), (7)을 이용하여 구한다.

$$D_1 = \sqrt{(x_1 - x_4)^2 + (y_1 - y_4)^2} \quad (5)$$

$$D_2 = \sqrt{(x_2 - x_4)^2 + (y_2 - y_4)^2} \quad (6)$$

$$D_3 = \sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2} \quad (7)$$

위를 통해 Anchor Node와 Tag Node간의 거리를 구하여 반지름의 길이를 구하면 아래 그림 6과 같이 Tag Node의 상대 위치를 찾아 낼 수 있다.

그림 9에서 Tag Node는 D1을 측정하는 것으로부터 Anchor Node 1을 중심으로 하는 원 상에 있다는 것을 알 수 있으며, D2 측정을 통해 점 A, B 둘 중 하나의 위치에

위치한다는 것을 알 수 있다. 마지막으로 D3 측정을 통해 Tag Node는 B에 위치한다는 것을 추정할 수 있다.

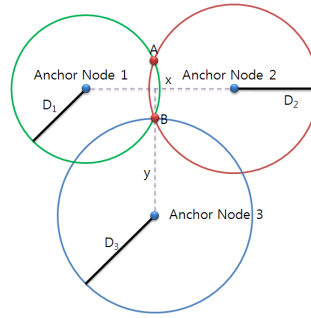


그림 9. Tag Node의 상대 위치  
Fig. 9 Relative position of Tag Node

Tag Node인 B의 위치를 구하기 위해 아래 그림 10과 같이 3개의 각도를 구해 위치를 구할 수 있다. 각도를 구하기 위한 식은 아래 식(8), (9), (10)에 나타내었다.

$$\angle A = \cos^{-1} \cdot \frac{b^2 + c^2 + a^2}{2bc} \quad (8)$$

$$\angle B = \cos^{-1} \cdot \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2bc} \quad (9)$$

$$\angle C = \cos^{-1} \cdot \frac{b^2 + a^2 - c^2}{2bc} \quad (10)$$

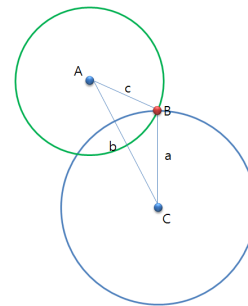


그림 10. 좌표측정을 위한 Anchor Node와 Tag Node간 각도 측정  
Fig. 10 Anchor Node and Tag Node angle for coordinate measurement

위와 같은 방법을 통해 위치 추정을 할 경우 <표 2>와 같이 실제 거리보다 측정되는 거리값이 항상 더 크기 때문에 <그림 11>과 같이 중심점이 발생하지 않는다.

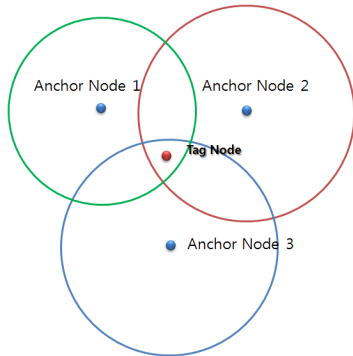


그림 11. 거리 측정 오차로 인한 교점 미발생 경우  
Fig. 11 Distance measurement errors caused by the point of intersection not occurs

이를 해결하기 위해 겹처지는 부분의 가운데를 Tag Node의 위치로 추정하도록 시스템을 설계 하였다.

우선 Tag Node의 위치를 추정하기 위해 아래 <그림 12>에서의 점  $x_1, x_2, y_1, y_2, z_1, z_2$ 를 구한다.

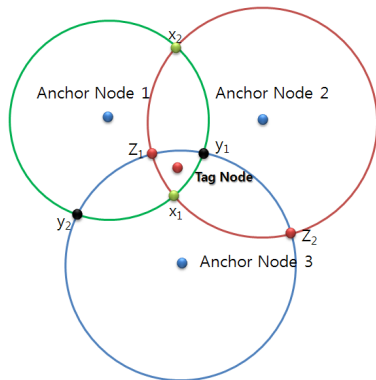


그림 12. 거리 측정 오차로 인한 교점 미발생한 경우 중점 구하는 방식  
Fig. 12 Focus on how to obtain when Distance measurement errors caused by the point of intersection not occurs

$X_1$ 을 구하기 위해서는 우선 Anchor Node1과 Tag Node간의 거리와 Anchor Node2와 Tag Node간의 거리를 측정 한 후 그림 12와 같이, 식(8), (9), (10)을 이용하여  $x_1, x_2$ 의 좌표를 구한다. 이와 동일한 방법으로 Anchor Node 1과 Tag Node의 거리, Anchor Node3과 Tag노드의 거리를 측정하여  $y_1, y_2$ 를 구한다.  $z_1, z_2$ 의 경우 역시 Anchor Node 2와 Tag node의 거리, Anchor Node 3과 Tag node의

거리를 측정하여 구한다. 여기서 노드간 거리를 측정하는 방식은 2장에서 설명한 SDS-TWR 방식을 사용하였다. 위와 같은 방법으로  $x_1, x_2, y_1, y_2, z_1, z_2$ 를 구한 후 각 원의 겹치는 부분의 꼭지점이 되는  $x_1, y_1, z_1$ 의 좌표를 계산 후 중점을 구하고 그 중점을 Tag Node가 위치한 좌표로 위치를 추정하도록 설계 하였다.

Tag Node의 위치가 되는 중점을 구하는 방식은 아래와 그림 13, 식(11)과 같다.

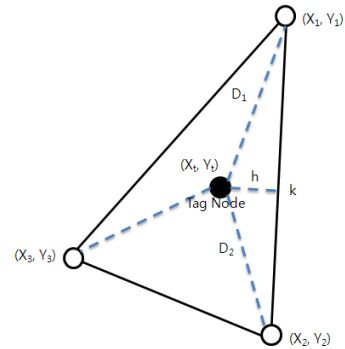


그림 13. 삼각측정법을 이용한 위치 표현  
Fig. 13 Position expressed by triangulation

$$x_t = \frac{d_1^2 - d_2^2 + k_1^2}{2k} \times \cos(\angle \times \pi \div 180) + x_1 \quad (11)$$

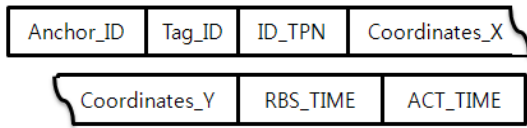
### 3.4. 노드간 통신 패킷 설계

Tag Node가 Anchor Node로부터 패킷 수집을 위한 브로드캐스팅을 송신하는 패킷의 데이터 구조는 <그림 14>, 브로드캐스팅 패킷은 수신한 Anchor Node가 Tag Node로 송신하는 패킷의 데이터 구조는 <그림 15>, TagNode가 Base Station으로 위치정보를 보내는 패킷의 데이터 구조는 <그림 16>과 같다.

Tag_ID	BS_Type	BS_Time	ID_TPN
--------	---------	---------	--------

Tag\_ID : Tag\_Node ID  
BS\_Type : 브로드캐스팅 패킷의 종류  
BS\_Time : 브로드캐스팅 패킷 송신 시점 시간  
ID\_TPN : Tag\_Node에서 보내는 패킷의 순서

그림 14. Tag Node의 브로드캐스팅 패킷 구조  
Fig. 14 Broadcasting packet structure of Tag node



Anchor\_ID : Anchor Node ID  
 Tag\_ID : 수신된 Tag Node ID  
 ID\_TPN : Tag Node가 브로드 캐스팅 신호를 보낸 시간  
 Coordinates\_X, Coordinates\_Y : Anchor Node의 좌표  
 RBS\_TIME : Tag Node로부터 받은 브로드캐스팅 신호의 도착 시간  
 ACT\_TIME : Anchor Node가 패킷을 전송하는 시점의 시간

그림 15. Anchor Node에서 Tag Node로 보내는 데이터 패킷 구조  
 Fig. 15 The data packet structure for transmitting from Anchor Node to Tag Node

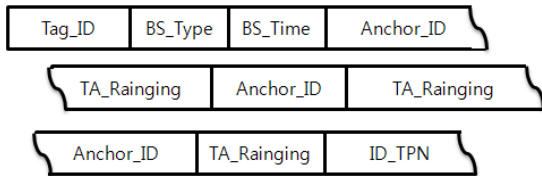


그림 16. TagNode의 위치정보를 BaseStation으로 전송하는 패킷 구조  
 Fig. 16 Tag Node packet structure for transmitting location information at Base station

### 3.5. 위치 인식 프로세스 설계

정확한 위치 인식을 위해서는 가장 가까운 Anchor Node와의 통신을 통해 이루어 져야 높은 정확도를 가지는 위치 인식이 가능하다. 때문에 본 시스템은 우선 위치 인식을 위한 최적의 Anchor Node의 선정을 위해 Tag Node에서는 각 Anchor Node로부터 받은 신호의 시간을 비교하여 빠르게 도착한 신호를 기준으로 3개의 기준점이 되는 Anchor Node를 선정하도록 하였으며, 이후 각 Anchor Node와 Tag Node의 거리를 측정하고 측정된 거리에 오프셋을 적용하는 알고리즘을 통해 오차를 최소화 하도록 설계하였다. 이후 측정된 거리값과, Tag Node 자신의 정보, 거리값 좌표를 측정하기 위해 사용된 Anchor Nodes ID를 Base Station으로 전송한다. 이후 Base Station에서는 삼변 측량법을 이용하여 좌표를 계산하고 출력하도록 설계 하였다. 위치인식이 이루어지는 순서는 아래 그림 17에 나타내었다.

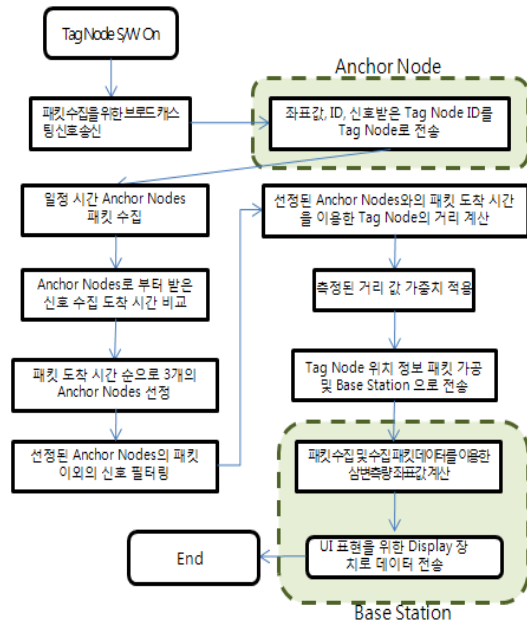


그림 17. 위치 인식 프로세스 순서도  
 Fig. 17 Localization Process Algorithm

## IV. 위치인식 시스템 구현 및 성능 평가

우선 센서 네트워크 위치 인식 시스템 구현은 아래 그림 18, 그림 19와 같이 Anchor Node와 Tag Node간 거리가 최대 측정 거리인 20m안에 들어올 수 있도록 Anchor Node간의 사이를 15m 간격으로 정삼각형 모양이 되도록 4개의 Anchor Node를 배치하여 구성 했다. Base station에서는 각 Anchor Node 좌표값을 입력해 두었다. 실험을 위해 사용된 센서모듈은 표 1과 같다.

모니터링을 위해 아래 그림과 같이 Tag Node의 위치, Tag Node의 위치 인식을 위해 사용된 Anchor Node의 활성화 여부, 실시간 데이터 패킷 모니터링이 가능하도록 S/W를 설계하였으며, 그림 20에 나타내었다.



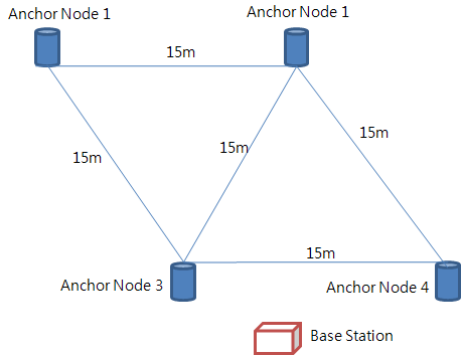


그림 18. CSS기반의 측정 환경 구성  
Fig. 18 base on CSS measurement environment configure

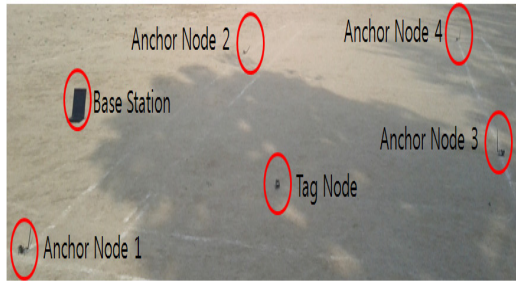


그림 19. 위치인식 실험 환경 구성 장면  
Fig. 19 Location-aware test environment configuration Scene

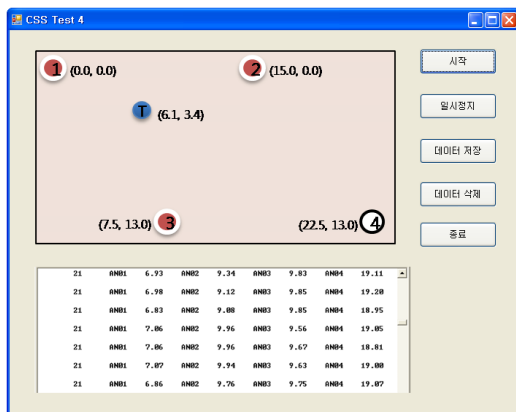


그림 20. 모니터링 프로그램 소프트웨어  
Fig. 20 Monitoring Program for Software

표 3. 좌표 측정 결과  
Table. 3 result of coordinate measurement  
(단위 : m)

실제 좌표		측정 좌표 평균		평균 오차	
x	y	x	y	x	y
6.1	3.4	6.23	3.57	0.13	0.17
4.8	11.0	5.11	11.45	0.31	0.45
10.0	18.0	10.37	18.24	0.37	0.24
14.5	7.0	14.79	7.21	0.29	0.21
4.5	5.0	4.65	5.10	0.15	0.10
19.5	14.5	19.91	14.83	0.41	0.33
3.0	16.0	3.04	16.44	0.04	0.44

위 표2의 값은 각 위치별로 측정된 100개의 좌표 데이터를 추출하여 평균을 구한 후 실제 좌표와 비교하여 나타내었으며, 여기서 보면 알 수 있듯이, 측정된 Tag Node의 위치의 좌표는 0.5m 반경 이내에서 측정됨을 알 수 있다.

### V. 결론

이번 논문에서는 CSS 기반 위치 인식 센서 네트워크 환경에서 별도의 AMP, Filter, Antenna등을 부착하지 않고, 삼변 측량과, 감산 알고리즘을 이용한 측정 거리 보정을 통하여 10m 이상의 위치 인식 반경에서도 0.5m 이내의 오차 인식 범위를 가지는 정밀한 위치 인식 시스템을 구현하였고, 실험을 통하여 검증하였다.

실험 시 10m 이상의 측정 거리 반경에서는 3~8m의 오차값을 가지는 데이터를 수신하는 경우가 발생하였으며, 이는 전력공급의 저하로 나타나는 현상으로 의심되며, 지속적인 연구를 통해 개선할 예정이다.

본 논문에서 구현한 위치인식 시스템은 기존에 구현 하였던 셀 단위로 나누어 인식되는 위치 인식과 달리, 가장 가까운 센서간의 통신을 통해 위치를 추정하는 방식으로, 셀 단위로 나누기 어려운 공간에서의 위치인식 적용이 용이하며, 때문에 보다 여러 가지 환경에서 본 논문에서 제안한 위치 인식 시스템 적용이 가능할 것이다. 또한 0.5m 이내의 높은 정확도를 가지기 때문에, 향후 다양한 물류, 의료, 홈 네트워크, 군사, IBS등 다양한 분야에서 WPAN환경에서 위치를 기반으로 하여 다양한 응용 서비스를 제공하는데 사용 될 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] 김재호, 김영섭, 박옥선, 김성희 “유비쿼터스 위치 기반 서비스 및 위치인식시스템 연구 동향”, IITA 정보통신연구진흥원 학술정보, 주간기술동향 1127호, pp1-14, 12. 2003.
- [2] 양진욱, 조성수, 양성현, 강준길 “CSS기반 다중 위치인식 시스템에 관한 연구”, 한국ITS학회 논문지, 제7권, 제5호, pp106-121, 10. 2008.
- [3] 최용림 “체프 스프레드 스펙트럼 방식을 이용한 실시간 위치확인 시스템”, 한양대학교 대학원 공학석사 학위논문, 08. 2009.
- [4] (주)에스엔알 “CSS기반의 실내 정밀 측위 통신 시스템 개발”, 정보통신부 IT우수기술지원 사업 최종 보고서, 05. 2008.
- [5] 남민석 “IEEE 802.15.4a CSS PHY를 이용한 적응형 정밀 거리 오차 보정 기법”, 대구대학교 대학원 공학석사 학위 논문, 2009. 12.
- [6] 윤상훈, 정정화 “새로운 DBO-CSS 수신기 구조”, 전자공학회 논문지, 제44권 TC편 제4호, pp. 59-64, 04. 2007.
- [7] 김영삼, 정정화 “IEEE 802.15.4a Chirp Spread Spectrum을 위한 저복잡도 수신기 구조” 전자공학회 논문지, 제47권 TC편 제8호, pp. 24-31, 08. 2010.
- [8] 조현우, 반성준, 이영훈, 전용주, 김상우, “Unscented 칼만 필터 기반의 chirp spread spectrum 노드 위치 추정”, ICS2009 정보제어 및 제어 심포지엄 논문집, 2009.
- [9] 윤상훈, “IEEE802.15.4a DBO-CSS의 새로운 수신기 구조” 한양대학교, 2008
- [10] 김정수, 양진욱, 양성현 “CSS기반의 TOA알고리즘을 이용한 위치인식 시스템 구현에 관한 연구”, 한국ITS학회 논문지, 제7권, 제2호, pp. 13-25, 04. 2008.
- [11] 백승환 “IEEE 802.15.4a DBO-CSS를 위한 주파수 및 샘플링 타이밍 오프셋에 강건한 다중 심벌 기반 거리측정 알고리즘”, 한양대학교 대학원 석사학위 논문, 02. 2009.
- [12] 김영삼, 정정화 “정합필터 기반의 Chirp Spread Spectrum을 위한 새로운 주파수 오프셋 추정 알고리즘”, 전자공학회논문지 제47권 TC편 제10호, pp. 1-7, 10. 2010.

저자소개



주준형(Jun-Hyeong Ju)

2011년 : 원광대학교  
정보통신공학과 (공학사)  
2011년~현재 : 광운대학교  
전자공학과 석사과정  
재학중

※ 관심분야 : 센서네트워크, 홈네트워크, Machine to Machine



김현욱(Hyun-Wook KIM)

2009년 : 광운대학교 컴퓨터공학과  
(공학사)  
2009년 2월 ~ 현재 : 광운대학교  
전자공학과 석·박사통합  
과정 재학중

※ 관심분야 : 센서네트워크, 홈네트워크, 임베디드



양성현(Sung-Hyun Yang)

1983년 : 광운대학교 전기과  
(공학사)  
1987년 : 광운대학교 전기과  
(공학석사)

1992년 : 광운대학교 전기과(공학박사)  
1991년~현재 : 광운대학교 전자공학과 교수  
1996년 8월 ~ 1998년 2월 : Boston Univ. (Research Scientist)  
2005년 7월 ~ 현재 : 광운대학교 유비쿼터스 홈 네트워크 센터장  
2007년 5월 ~ 2008년 04월 : 홈 네트워크 산업협회 홈 네트워크 시장 활성화 분과 위원장  
※ 관심분야 : 홈네트워크, Fault-Tolerance, Context-Aware, Machine to Machine