

## UWB 실내 측위를 위한 TDOA 위치결정기법

Comparison of TDOA Location Algorithms for Indoor UWB Positioning

---

저자 (Authors)	공현민, 성태경, 권영미 Hyonmin Kong, Taekyung Sung, Youngmi Kwon
출처 (Source)	<a href="#">전자공학회논문지-TC 42(1)</a> , 2005.1, 9-15(7 pages) <a href="#">The Institute of Electronics Engineers of Korea - Telecommunications 42(1)</a> , 2005.1, 9-15(7 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">대한전자공학회</a> The Institute of Electronics and Information Engineers
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE00577787">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE00577787</a>
APA Style	공현민, 성태경, 권영미 (2005). UWB 실내 측위를 위한 TDOA 위치결정기법. 전자공학회논문지-TC, 42(1), 9-15
이용정보 (Accessed)	아주대학교 202.30.7.*** 2020/07/20 14:11 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

논문 2005-42TC-1-2

# UWB 실내 측위를 위한 TDOA 위치결정기법

## (Comparison of TDOA Location Algorithms for Indoor UWB Positioning)

공 현 민\*, 성 태 경\*\*, 권 영 미\*\*

(Hyonmin Kong, Taekyung Sung, and Youngmi Kwon)

### 요 약

현재 위치결정기술에 주로 사용되고 있는 메제는 RF이다 그러나 RF를 사용한 위치결정기술은 GPS나 실외의 LOS 상황에서 주로 이용되고 있다 왜냐하면 실내에서는 다중경로 해상도가 좋지 않아 정확한 위치 값을 계산해 내기가 힘들기 때문이다 UWB는 다중경로 해상도가 높고 장애물 투과율이 좋은 실내 측위에 적합한 매체이며 현재 UWB 통신 및 위치측정에 사용하고 있는 표준화가 IEEE 802.15 위원회에서 진행 중이다 그러나 UWB를 이용한 실내 측위 알고리즘의 연구나 개발은 아직 미비하다 본 논문에서는 실내측위에서 UWB의 장점을 극대화 할 수 있는 TDOA 알고리즘 중 대표적인 두 가지 알고리즘을 분석하고 이를 UWB 실내 측위에 이용할 때 얼마나 정확한 위치를 추정할 수 있는지를 시뮬레이션을 통해 분석한다 또한 UWB 채널모델을 분석하고 오차요소를 시뮬레이션에 적용하여 그 결과를 비교분석하며, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 실내 측위를 위한 UWB의 가능성 및 적합한 알고리즘을 제안한다

### Abstract

Most of location systems use RF signal. Because multipath is too severe at indoor environment, RF signal are usually used in outdoor positioning such as GPS. To overcome the difficulty at indoor positioning, UWB positioning is recently developed and is being vigorously studied. Some standardizations on UWB are in progress at IEEE 802.15 committee. In developing UWB positioning system, we should consider the synchronization of sensor network, positioning algorithm, sensor allocation, and so on. This paper presents a comparison of TDOA positioning algorithms that are widely used in location systems. Two algorithms are compared, one is derived by linearization, and the other is by analytic solution(CH algorithm). Simulation results show that the CH algorithm is superior to the linearized least square at indoor environment. In that CH algorithm shows consistent positioning performance regardless of the visibility and geometry of basestations.

**Keywords** : UWB Location, TDOA, Indoor Positioning

### I. 서 론

현재 단말기의 정확한 위치 정보를 파악하기 위한 여러 가지 위치결정기술들이 나오고 있다 해당 기지국에 모바일 스테이션이 등록되면 이를 Cell ID로 매칭하여 해당 기지국의 위치를 통해 단말기의 위치를 구하는 Cell-ID 방식, 신호의 방향각을 이용하여 위치를 계산

해내는 AOA(Angle of Arrival) 방식, 전파의 도달 시간을 측정하여 위치를 계산하는 TOA(Time of Arrival) 방식, 서로 다른 베이스 스테이션(이하 BS)에서 송신한 신호의 도달 시간차를 이용하여 위치를 계산하는 TDOA(Time Difference of Arrival) 방식 등이 있다 또한 로케이션을 위한 매체의 종류에는 여러 가지가 있으며 그 중에서 IR(Infra-Red), RF(Radio Frequency), 초음파 등이 널리 사용되고 있다 이 중에서 IR은 사용 가능 거리가 짧고 형광등이나 빛의 방해를 받을 수 있고 초음파는 다중경로와 NLOS(Non Line of Sight)에서 정확한 위치를 추정하기 어렵다. 현재 가장 많이 쓰이고 있는 RF는 실내에서 다중경로 해상도가 좋지 않아 정확한 위치를 추정하기 힘들며 따라서 이들 매체들

\* 학생회원, 충남대학교 정보통신공학과  
(Department of Information and Communications Engineering, Chungnam National University)

\*\* 정회원, 충남대학교 전기정보통신공학부  
(Electronics, Radio, Information communications Engineering, Chungnam National University)  
접수일자 2004년7월15일, 수정완료일 2005년1월12일

을 실내 측위에 사용하기에는 적합하지가 않다

이러한 문제점을 해결하기에 적합한 매체가 UWB(Ultra Wideband)이다. UWB는 일반적으로 그 사용 대역폭이 중심주파수의 20% 이상으로 광대역이며 3.1~10.6GHz대의 주파수 대역을 사용하면서 10~1000m의 전송거리를 보장하는 통신매체이다. UWB는 지난 40여년간 미 국방성에서 군사용 무선통신기술로 사용되다가 미국 통신 주파수 관할 기관인 연방통신위원회(FCC)가 민간에 개방하였다<sup>[7]</sup> 특히 UWB는 장애물 투과율이 좋고 다중경로 해상도가 우수하여 1990년대까지 미 국방성의 '블랙프로젝트' 레이더 기술에 적용돼 왔으며 앞으로는 군사용 혹은 가정용의 위치결정기술에 중요한 영향을 미칠 것이다.

위치결정기술 중에는 TOA나 TDOA가 널리 사용되고 있으며, 본 논문에서는 현재 널리 사용되고 있는 TDOA 위치결정기술들 중 UWB에 적합한 알고리즘을 제시하고자 한다 UWB를 실내 측위에 적용하기 위해서는 UWB 채널모델을 분석하여 오차를 추정하고 이를 위치결정 알고리즘에 적용하여 시뮬레이션 한다 II장에서는 UWB와 실내 측위를 위한 위치결정기술에 대해서 알아보고 III장에서는 현재 검증된 TDOA 위치결정기술 중 선형화하여 해를 구하는 알고리즘과 선형화 하지 않고 해를 구하는 알고리즘 두 가지를 분석한다 IV장에서는 가상의 실내 공간에서 각각의 알고리즘을 시뮬레이션 하여 결과를 보이고, 그 결과를 분석하였다. 마지막으로 본 논문에서 시도한 연구가 갖는 의의와 실험결과에 대해 정리하고 향후 연구가 필요한 부분에 대하여 기술한다

## II. UWB 실내 측위를 위한 위치결정기술

### 1. UWB와 위치결정기술

UWB는 크게 두 가지 분야에 크게 주목을 받고 있다 첫 번째는 IEEE 802.15.3a<sup>[5]</sup>에서 표준화를 진행 중인 홈 네트워킹시스템 분야이다 이는 GHz의 주파수 대역을 사용하여 초당 100~500Mbps의 속도로 전송이

가능하도록 하여 커다란 용량의 동영상도 끊김 없이 완벽하게 전송할 수 있으며 모든 디지털가전의 선(線)이 없는 완벽한 홈 네트워킹시스템을 구현할 수 있게 하기 위한 것이다. 두 번째는 IEEE 802.15.4a<sup>[6]</sup>에서 표준화를 추진 중인 실내 측위를 위한 위치결정기술 분야이다. UWB는 비교적 적은 전력 소모를 통해 원하는 전송 속도 및 전송 거리를 확보할 수 있게 하는 장점을 가지고 있으며 기존 매체에 비해 벽과 같은 장애물에 대한 투과율이 좋고 다중경로 해상도가 우수하여 기존의 매체보다 실내 측위를 위한 위치결정기술에 더 적합하다 IEEE 802.15.4a에서 자유롭게 공모하여 수집한 Call for Application을 보면 전투 중 군인의 위치 인식, 화재 진화 중에 갇히거나 실종된 소방관의 구출, 물류 자동화 및 보안, 산업 자동화 및 제어를 위한 무선 센서 네트워크, 홈/사무 자동화, 이동 로봇, 어린이 보호 등 다양한 분야에서 적용 가능성을 보여준다<sup>[8]</sup>

### 2 UWB 채널모델과 오차요소

실제로 UWB를 이용하여 실내 측위를 위한 위치결정기술을 연구하기 위해서는 실제 실내의 공간에서 UWB를 이용하여 위치결정기술을 실험 하는 것이 가장 이상적이지만 높은 비용과 실제 구현에 있어 매우 복잡한 구조를 가지게 되어 시뮬레이션을 통해 이를 실험하고자 한다. 시뮬레이션을 하기 위해서는 각각의 환경에 따라 여러 가지 변수들을 고려한 채널모델이 필요하다.

Saleh-Valenzuela 채널모델<sup>[1]</sup>은 안테나의 떨어진 거리와 LOS 혹은 NLOS에 따라 4가지 형태로 분류된다. 그림 1은 Saleh-Valenzuela의 4가지 채널모델 중 4장의 시뮬레이션에서 적용한 채널모델 1의 직선경로와의 시간오차 그리고 평균전력의 통계적 특성을 그래프로 나타낸 것이다. 그림 2는 Yano의 채널모델<sup>[2]</sup> 중 전력의 세기에 따른 거리의 정도를 실험을 통해 점으로 나타낸 것이다. 여기서 거리를  $20 \cdot \log(d)$ 로 나타내면 전력의 세기에 따른 거리의 정도를 선형화하여 거리 100m 까지 추정하여 나타낼 수 있다

본 논문에서는 그림 1의 Saleh-Valenzuela의 채널모델과 그림 2의 Yano의 채널모델을 참고하여 거리오차를 추정하고 이를 적용하여 시뮬레이션을 한다 다시 말해 UWB의 특성을 채널모델들을 통해 분석하고 이를 통해 거리오차를 추정하여 시뮬레이션시에 적용한다 위치결정기술에서 오차는 정확한 위치 결정에 많은 영향을 미친다 따라서 오차요소를 분석하여 이를 시뮬레이션에서 정확하게 적용시키는 것이 매우 중요하다

표 1 Saleh-Valenzuela의 채널모델  
Table 1 Saleh-Valenzuela Channel Model

Channel model	Antenna separation range	LOS/NLOS
1	0 to 4 meters	LOS
2	0 to 4 meters	NLOS
3	4 to 10 meters	NLOS
4	25ns RMS delay spread	Extreme NLOS

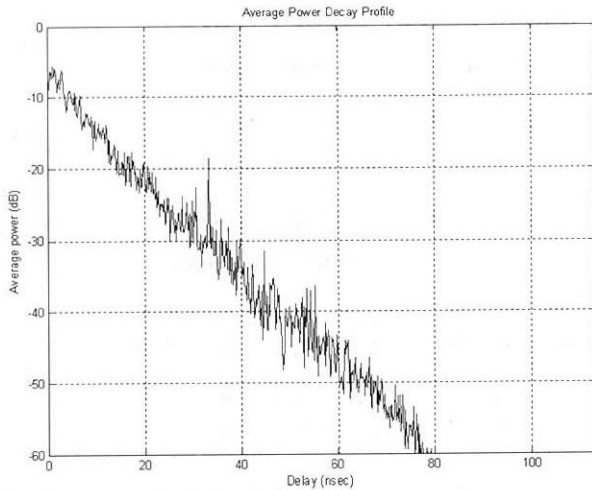


그림 1. Saleh-Valenzuela 채널모델 1의 Average power vs. delay

Fig. 1. Average power vs. delay of Saleh-Valenzuela Channel Model.

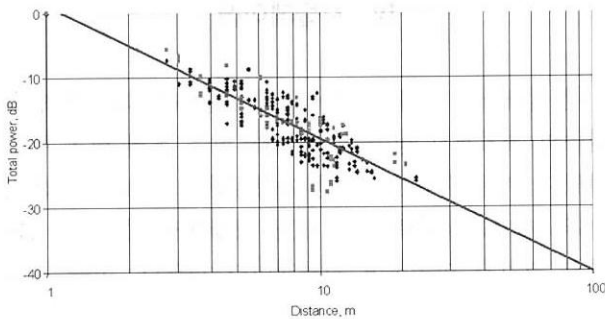


그림 2. Yano의 Total Power Density vs. Distance

Fig. 2. Total Power Density vs. Distance of Yano.

위치결정기술에서의 위치오차는 구조적 원인에 의한 거리오차와 BS의 배치 상황에 따른 기하학적오차로 구분 할 수 있다. 거리오차는 다중경로 오차, NLOS 오차, 클럭 바이어스 오차, 수신기 잡음과 해상도 오차, BS 간의 동기오차 등이 있다. 이중 위치결정에 가장 크게 영향을 주는 것은 다중경로 오차와 NLOS 오차 그리고 BS간 동기오차이다. 다중경로 오차와 NLOS 오차는 채널모델을 이용하여 추정할 수 있지만 BS간의 동기오차는 위치결정기술을 위한 또 하나의 중요한 연구 과제로서 본 논문에서는 적용하지 않는다.

기하학적오차는 BS의 배치 상황에 따라서 오차가 증가 할 수 있는데 수신기 주위로 BS가 적당히 고르게 배치되어 있는 경우에 위치오차가 작아지고 반대의 경우에는 위치오차가 커진다. 또한 위치오차는 거리오차와 기하학적오차의 곱으로 나타낼 수 있어 BS의 배치 상황이 위치결정기술에 영향을 미친다 할 수 있다.

### III. 위치결정 알고리즘 비교

본 장에서는 위치결정 알고리즘 중 선형화하여 해를 구하는 “Taylor 전개식을 이용한 Least Square 알고리즘”(이하 LS 알고리즘)과 선형화 하지 않고 해를 구하는 “Chan과 Ho의 알고리즘”(이하 CH 알고리즘)을 본 논문의 시뮬레이션에 적용하여 분석한다. 두 알고리즘 모두 TDOA 기반의 위치결정기법으로서 본 장에서는 시뮬레이션에 앞서 이 두 가지 알고리즘에 대해 소개하고 분석한다.

#### 1. Taylor 식을 이용한 Least Square 알고리즘<sup>[3]</sup>

LS 알고리즘은 선형화하여 위치를 계산하는 알고리즘으로 BS의 개수가 4개 이상일 때 적용되는 알고리즘이다. BS와 사용자의 거리는  $\rho$  이고 nominal point와 사용자의 거리는  $\hat{\rho}$  로 나타낸다. 따라서  $\Delta\rho = \rho - \hat{\rho}$ 이며 BS의 개수만큼  $\Delta\rho_i$ 로 표현 할 수 있다.

$$a_{xi} = \frac{x_i - \hat{x}_u}{\hat{r}_i}, \quad a_{yi} = \frac{y_i - \hat{y}_u}{\hat{r}_i}, \quad a_{zi} = \frac{z_i - \hat{z}_u}{\hat{r}_i}$$

3차원에서 BS가 4개일 때 이를 선형화 하면 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta\rho_1 &= a_{x1}\Delta x_u + a_{y1}\Delta y_u + a_{z1}\Delta z_u - c\Delta t_u \\ \Delta\rho_2 &= a_{x2}\Delta x_u + a_{y2}\Delta y_u + a_{z2}\Delta z_u - c\Delta t_u \\ \Delta\rho_3 &= a_{x3}\Delta x_u + a_{y3}\Delta y_u + a_{z3}\Delta z_u - c\Delta t_u \\ \Delta\rho_4 &= a_{x4}\Delta x_u + a_{y4}\Delta y_u + a_{z4}\Delta z_u - c\Delta t_u \end{aligned}$$

$$\Delta\rho = \begin{bmatrix} \Delta\rho_1 \\ \Delta\rho_2 \\ \Delta\rho_3 \\ \Delta\rho_4 \end{bmatrix}, \quad \Delta X = \begin{bmatrix} \Delta x_u \\ \Delta y_u \\ \Delta z_u \\ c\Delta t_u \end{bmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} a_{x1} & a_{y1} & a_{z1} & 1 \\ a_{x2} & a_{y2} & a_{z2} & 1 \\ a_{x3} & a_{y3} & a_{z3} & 1 \\ a_{x4} & a_{y4} & a_{z4} & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

식(1)에서  $H$ 와  $\Delta\rho$ 는 측정을 통해 얻을 수 있는 값이고 이 알고리즘의 결과 식은 식(2)와 같다.

$$\Delta X = H^{-1} \Delta\rho \quad (2)$$

따라서 식(2)를 이용하여 사용자의 위치를 구할 수가 있다. 이 알고리즘은 초기 추정 값이 필요하고 그 추정 값을 이용하여 다음 추정 값을 구한다. 이를 반복해서 수렴할 때까지 해를 구한다. 만약 BS가 4개 이상일 경우에는 식(3)의 최소자승법을 이용하여 해를 구할 수 있다.

$$\Delta X = (H^T H)^{-1} H^T \Delta\rho \quad (3)$$



## 2. Chan과 Ho의 알고리즘<sup>[4]</sup>

CH 알고리즘은 선형화 하지 않고 위치를 계산하는 알고리즘으로 BS의 개수가 4개인 경우에만 적용되는 알고리즘이다. 이는 측정치의 차분 값과 BS의 위치 값을 이용하여 사용자의 위치를 구할 수 있다.

TDOA 방식은 BS간에 거리의 차이를 식(4)와 같이 표현하고 식(5)와 같은 특성을 가진다.

$$r_{i+1,j} = r_{i+1} - r_i \quad (4)$$

$$\begin{aligned} r_{3,2} + r_{2,1} - r_{3,1} &= 0 \\ r_{4,3} + r_{3,1} - r_{4,1} &= 0 \\ r_{4,2} + r_{2,1} - r_{4,1} &= 0 \\ r_{4,3} + r_{3,2} - r_{4,2} &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

$K_i$ 를 식(6)과 같이 놓고  $r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1}$ 을 계산하면 식(7)로 표현된다. 그리고 식(7)을 식(8)의 형태로 변경하고 식(4)와 식(6)을 이용하여  $l_1, m_1, u_1, v_1$ 의 해를 구하면 식(9)와 같다.

$$K_i = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 \quad (6)$$

$$r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1} = r_{3,2}r_1^2 + r_{2,1}r_3^2 - r_{3,1}r_2^2 \quad (7)$$

$$r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1} = l_1 + m_1x + u_1y + v_1z \quad (8)$$

$$l_1 = r_{3,2}K_1 + r_{2,1}K_3 - r_{3,1}K_2 \quad (9)$$

$$m_1 = -2(r_{3,2}x_1 + r_{2,1}x_3 - r_{3,1}x_2)$$

$$u_1 = -2(r_{3,2}y_1 + r_{2,1}y_3 - r_{3,1}y_2)$$

$$v_1 = -2(r_{3,2}z_1 + r_{2,1}z_3 - r_{3,1}z_2)$$

같은 방법으로  $(l_2, m_2, u_2, v_2)$ ,  $(l_3, m_3, u_3, v_3)$ ,  $(l_4, m_4, u_4, v_4)$ 를 구할 수가 있다.

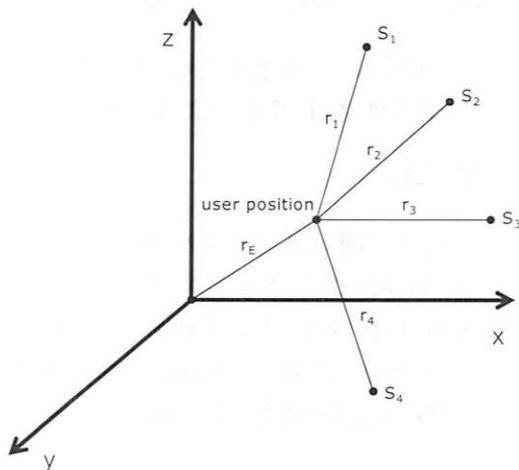


그림 3. CH 알고리즘에서 BS와 사용자위치  
Fig. 3. BS and User position in CH Algorithm.

$$\begin{aligned} r_{4,3}r_{3,1}r_{4,1} &= r_{4,3}r_1^2 + r_{3,1}r_4^2 - r_{4,1}r_3^2 \\ &= l_2 + m_2x + u_2y + v_2z \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} r_{4,2}r_{2,1}r_{4,1} &= r_{4,2}r_1^2 + r_{2,1}r_4^2 - r_{4,1}r_2^2 \\ &= l_3 + m_3x + u_3y + v_3z \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} r_{4,3}r_{3,2}r_{4,2} &= r_{4,3}r_2^2 + r_{3,2}r_4^2 - r_{4,2}r_3^2 \\ &= l_4 + m_4x + u_4y + v_4z \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} m_1 & u_1 \\ m_2 & u_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1} - l_1 - v_1z \\ r_{4,3}r_{3,1}r_{4,1} - l_2 - v_2z \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} m_3 & u_3 \\ m_4 & u_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} r_{4,2}r_{2,1}r_{4,1} - l_3 - v_3z \\ r_{4,3}r_{3,2}r_{4,2} - l_4 - v_4z \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (13)$$

따라서 식(8), (10), (11), (12)을 이용하면 식(13)과 같이 표현되는 선형방정식으로 만들 수 있고 이를 계산하여 사용자의 위치인  $(x, y, z)$ 를 구할 수 있다.

## IV. 시뮬레이션

본 장에서는 실내 환경에서 LS 알고리즘과 CH 알고리즘의 위치결정 성능을 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다. 시뮬레이션을 위한 가상공간은 그림 4와 같다. BS의 개수는 4개로 하고 LOS 상황에서 사용자와 BS들의 위치를 이동하며 시뮬레이션 하였다. 이를 통해

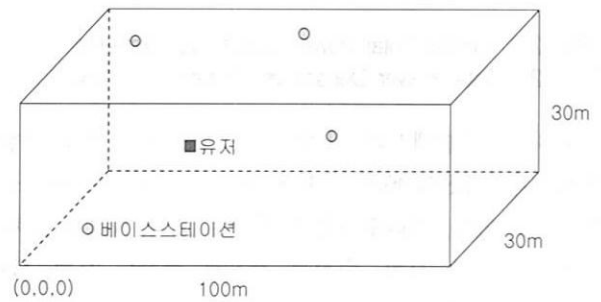


그림 4. 시뮬레이션 Testbed  
Fig. 4. Simulation Testbed.

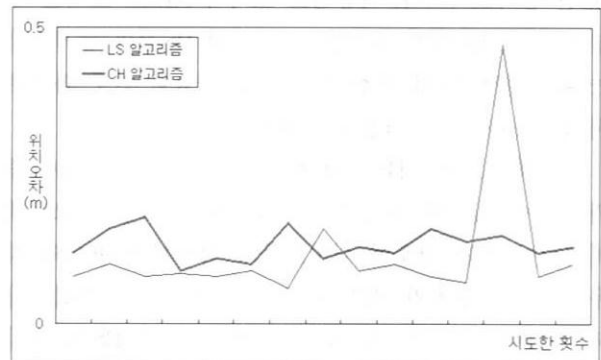


그림 5. BS의 배치에 따른 위치오차  
Fig. 5. Geometry error on arrangement of BSs.

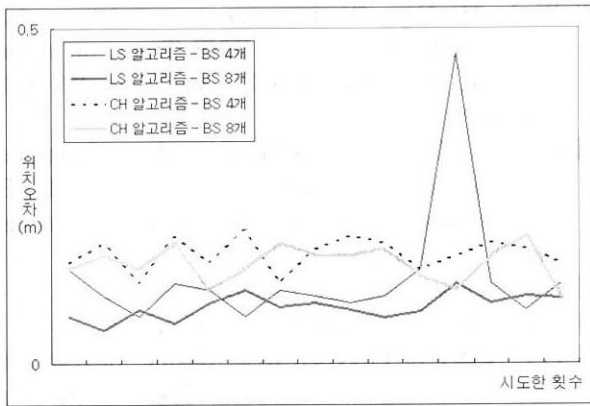


그림 6. BS의 개수에 따른 위치오차

Fig. 6. Geometry error on the number of BSs.

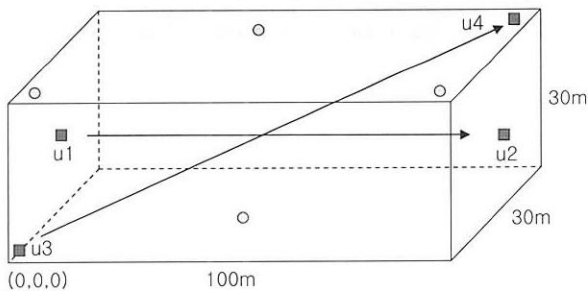


그림 7. 사용자 위치변화

Fig. 7. User's movement.

BS의 배치상황에 따른 위치오차의 변화를 알아보고 BS의 개수가 각 알고리즘의 위치오차에 미치는 영향에 대해서 분석하고 마지막으로 이동물체에 대한 위치오차의 변화를 분석하여 그림으로 나타내었다. 망 동기오차와 망 구성 방법 그리고 NLOS 상황 등은 시뮬레이션 시 고려하지 않았다.

그림 5는 BS가 4개일 때의 배치상황이 위치결정기술에 미치는 영향에 대한 시뮬레이션 결과이다. 즉 기하학적오차의 영향에 대해서 분석한 것이다. LS 알고리즘은 BS의 배치상황에 영향을 많이 받지만 CH 알고리즘은 BS의 배치상황에 거의 영향을 받지 않음을 그림 5를 통해 알 수 있다. 따라서 BS의 배치상황에 따른 기하학적오차는 LS 알고리즘보다 CH 알고리즘이 더 유리하다.

BS의 개수에 따른 위치오차를 알아보기 위해 BS가 4개와 8개일 때 각각의 알고리즘에 적용하여 시뮬레이션을 하였다.

그림 6에서 보듯이 LS 알고리즘에서는 BS의 개수를 무한히 증가 시키면 좋은 위치 값을 가지겠지만 비용적인 측면이나 실내 공간의 특성상 BS의 개수를 무한히 증가 시키지 못한다. CH 알고리즘은 BS의 개수에 상관

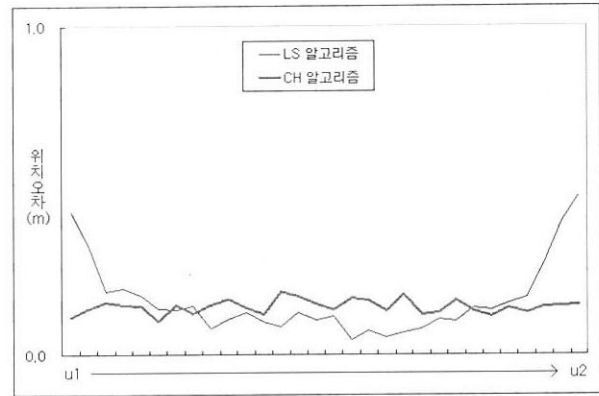


그림 8. u1에서 u2 위치로 이동시 위치오차

Fig. 8. Geometry error form u1 till u2.

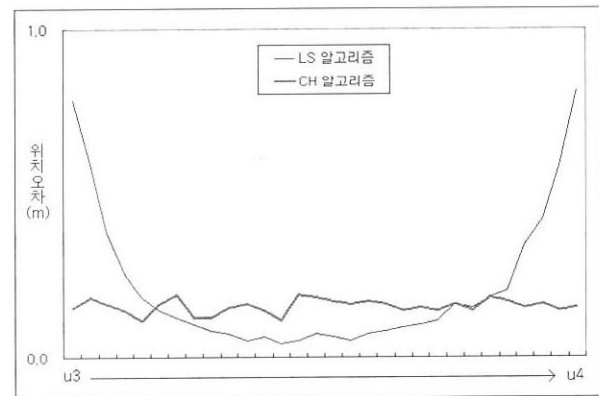


그림 9. u3에서 u4 위치로 이동시 위치오차

Fig. 9. Geometry error form u3 till u4.

없이 비슷한 성능을 보인다. 본 논문에서는 위치를 구할 수 있는 최소 개수인 BS 4개로 시뮬레이션 하기 위해 BS를 고르게 배치하여 그림 7의 시뮬레이션에 적용하였다.

그림 7은 BS는 고정된 상태에서 사용자의 위치를 변화 시키며 시뮬레이션을 한 결과이다. 먼저 u1에서 u2까지 x 축의 방향을 변화를 시키면서 시뮬레이션을 하였고 그 다음으로 u3에서 u4까지 대각선으로 x, y, z 축 세 방향을 변화 시키면서 시뮬레이션 하였다. u1에서 u2, u3에서 u4로 이동할 때 x축을 3m 단위로 등분하여 각각의 점을 시뮬레이션을 하였고 시뮬레이션 결과를 그림 8과 그림 9에서 그래프로 나타내었다.

그림 8과 9는 BS는 고정되어 있고 사용자가 이동할 때 각각의 점에서 LS 알고리즘과 CH 알고리즘으로 시뮬레이션 하여 정확한 사용자의 위치와 시뮬레이션 하여 추정된 값의 거리의 차이를 그래프로 나타낸 것이다.

사용자의 좌표가 u1에서 u2로 이동하는 경우 x의 좌표가 20보다 작거나 80보다 클 때 CH 알고리즘보다

LS 알고리즘이 더 큰 위치오차 값을 가진다는 것을 알 수 있다 이것은 오차요소에서 설명한 기하학적오차가 커지자 때문에 위치오차가 증가되는 것이다 여기서 CH 알고리즘은 기하학적오차에 크게 영향을 받지 않아 거의 일정한 위치오차 값을 가진다는 것을 알 수 있다 마찬가지로 사용자의  $x, y, z$  좌표가 모두 변하면서  $u3$ 에서  $u4$ 로 이동하는 경우에도 비슷한 그래프를 얻을 수 있었다 그리고 사용자의 위치가 위의 측정 범위를 벗어나 있는 경우에는 LS 알고리즘은 발산을 하여 해를 구하지 못하지만 CH 알고리즘은 발산 하지 않고 비교적 정확한 해를 가진다 LS 알고리즘은 대체적으로 사용자의 추정 위치에 있어 정확도가 높으나 기하학적오차로 인한 위치오차 값의 증가로 최악의 경우에는 발산할 수도 있다.

## V. 결 론

실내 측위를 위한 위치결정기술에서 UWB의 장점은 다중경로 해상도가 높아 직선경로를 거의 정확하게 추정할 수 있으며 NLOS 상황에도 장애물의 투과율이 기존 매체보다 상대적으로 좋다 본 논문에서는 실내 환경에서 UWB를 이용한 TDOA 위치결정기술 알고리즘에 대해서 UWB 전파의 오차를 적용하여 LS 알고리즘과 CH의 알고리즘을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 그 결과 LS 알고리즘은 상대적으로 정확도는 높으나 기하학적오차에 민감하여 위치오차의 편차가 심하였으며 심지어 발산할 가능성이 있었고 CH 알고리즘은 상대적으로 정확도는 조금 낮으나 비교적 정확한 위치를 추정하였고 기하학적오차에 민감하지 않아 CH 알고리즘이 UWB 실내 측위를 위한 위치결정 알고리즘에 더 적합하다고 할 수 있다. 다른 연구 과제로서 BS간 동기 오차를 줄일 수 있는 알고리즘을 개발하고 적용하는 연구가 필요하다

## 참 고 문 헌

- [1] S M Yano "Investigating the Ultra-wideband Indoor Wireless Channel" Proc IEEE VTC2002 Spring Conf., May 7-9, 2002, Birmingham, AL, Vol. 3, pp 1200-1204
- [2] A A Saleh and R A. Valenzuela, "A statistical model for indoor multipath propagation", IEEE Journal select Areas Communication, vol. 5, pp 128-139, Feb 1987
- [3] Wade H. Foy, "Position-Location Solutions by Taylor-Series Estimation", IEEE Trans on Aero. and Elec. Sys., Vol AES-12, No 2, pp 187-193, Mar 1976
- [4] Ho K., Chan Y, "Solution and performance Analysis of Geolocation by TDOA", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems Vol 29, No.4 October 1993.
- [5] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG3a.html>
- [6] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4a.html>
- [7] FCC Notice of Proposed Rule Making, Revision of Part 15 of the Commissions Rules Regarding Ultra-wideband Trans mission System, ET-Docket 98-153.
- [8] IEEE 802.15.4IGa, 03266r0P802-15\_4IGa, "Informal Call For Applications Response," July, 2003

## — 저 자 소 개 —



공 현 민(학생회원)  
2001년 목원대학교 컴퓨터공학과  
학사 졸업.  
2003년 ~ 현재 충남대학교 정보  
통신공학과 석사과정  
재학 중.

<주관심분야: Computer Net work,  
Traffic-engineering, Routing algorithm>



권 영 미(정회원)  
1986년 서울대학교 컴퓨터공학과  
학사.  
1988년 서울대학교 컴퓨터공학과  
석사.  
1996년 서울대학교 컴퓨터공학과  
박사.

1993년 ~ 1995년 한국전자통신연구원 연구원  
1996년 ~ 2002년 목원대학교 컴퓨터공학과 조교수  
2002년 ~ 현재 충남대학교 전기정보통신공학부  
부교수

<주관심분야: Network Management, Traffic  
Engineering, QoS Routing, Sensor Network>



성 태 경(정회원)  
1984년 서울대학교 제어계측  
공학과 학사.  
1986년 서울대학교 제어계측  
공학과 석사.  
1992년 서울대학교 제어계측  
공학과 박사.

1993년 ~ 1996년 고등기술연구원 정보통신연구원  
선임연구원

1996년 ~ 1997년 삼성전자 수석연구원

1997년 ~ 1998년 ITS 주파수용 분과의원

1997년 ~ 현재 충남대학교 전기정보통신공학부  
부교수

<주관심분야: GPS & GNSS, 무선측위 신호처리,  
텔레메틱스>