

거리측정의 오차비율 오프셋을 적용한 보정알고리즘 연구

최창용¹, 이동명^{1*}
¹동명대학교 컴퓨터공학과

A Study on the Compensation Algorithm based on Error Rate Offset of Distance Measurement

Changyong Choi¹ and Dong Myung Lee^{1*}

¹Department of Computer Engineering, Tongmyong University

요 약 CSS(Chirp Spread Spectrum)기반에서 SDS-TWR(Symmetric Double Side-Two-Way Ranging)의 거리측정 정확도는 실험에 의하면 전파환경 간섭으로 인해 일부 레인지 구간에서 매우 큰 오차가 발생함을 확인하였다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 레인지 오차를 감소시킬 수 있는 측정거리의 오차비율 오프셋을 적용한 SDS-TWR의 보정 알고리즘(CA_d)을 제안하였다. CA_d 는 두 노드를 LOS(Line Of Sight)환경에서 1~25m까지 1m 간격으로 SDS-TWR으로 거리 값을 측정하여, 거리보정에 필요한 각 파라미터의 값을 계산한 후 이를 사용하여 거리 값을 보정한다. 제안한 보정 알고리즘의 성능분석 결과, CA_d 는 SDS-TWR에 비해 오차가 평균 95cm, 최대 오차가 526cm 감소하였고, 는 25m에서 약 60cm의 오차가 발생함을 확인하였다. 이러한 결과를 볼 때 제안한 CA_d 는 LOS 환경에서 SDS-TWR에 비해 매우 정밀한 정확도를 가진 것으로 판단된다.

Abstract It is confirmed that as the distance measurements accuracy of the SDS-TWR(Symmetric Double-Sided Two-Way Ranging) based on CSS(Chirp Spread Spectrum) is considerably degraded due to frequency interference and it causes to severe errors in the localization applications. In this paper, the compensation algorithm based on error rate offset of distance measurement (CA_d) is proposed for the purpose to reduce the ranging errors due to by the SDS-TWR ranging problems. The CA_d measures the distance values between two nodes by means of 1m interval about 1~25m distances in the SDS-TWR, and compensates the distance values using the parameters related to the distance compensation. From the experiments, it is analyzed that the CA_d have reduced the distance error to average 95cm and maximum 526cm, and the distance error by the CA_d was below about 60cm in the 25m distances. In particular, the performance of the distance measurements accuracy by the CA_d is very high in LOS(Line Of Sight) environments.

Key Words : WPAN, CSS, SDS-TWR, Compensation Algorithm, Ranging

1. 서론

위치인식 기술은 최근 정보통신 기술의 눈부신 발전에 따라 유비쿼터스 컴퓨팅 응용분야에서 매우 활발한 연구가 진행되는 연구분야 중의 하나이다.[1] 기존의 위치인식 기술은 GPS와 이동통신망을 기반을 활용한 실외환경 중심으로 개발되었으나 WPAN(Wireless Personal Area

Network) 기술의 발전으로 실내환경에서의 위치인식 중요성이 커지고 있다. 기존의 센서네트워크 환경에서는 WPAN에서 RSS(Received Signal Strength)를 이용한 위치인식 기술을 사용하였으나 전파환경에 민감하게 반응하는 단점을 가지고 있다[2].

그러나 Zigbee를 이용하는 WPAN 통신방식에서 물리 계층에 CSS와 UWB(Ultra Wideband)를 지원하고 MAC

*교신저자 : 이동명(dmlee@tu.ac.kr)

접수일 10년 01월 05일

수정일 (1차 10년 02월 23일, 2차 10년 03월 10일)

계재확정일 10년 03월 18일

부계층에 TWR(Two-Way Ranging)/SDS-TWR(Symmetric Double Side- Two-Way Ranging)을 지원하는 국제표준이 IEEE 802.15.4a로 2007년 공식으로 제정된 바 있다[3].

거리측정 실험결과에 의하면, IEEE 802.15.4a 표준의 CSS PHY를 적용한 센서모듈로 SDS-TWR 방식을 사용한 거리측정 정확도는 전파간섭으로 인해 특정 거리측정 레인지 구간에서 매우 큰 오차가 발생함을 확인하였다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 특정 거리측정 레인지 구간에서 발생한 오차는 물론 전체 거리측정 레인지 구간에서 발생된 오차를 측정거리 오차비율 오프셋을 적용하여 감소시킬 수 있는 보정 알고리즘을 제시하였다.

2. 관련연구

위치인식을 위한 거리측정 방식에는 수신신호의 세기를 이용하는 RSS 방식[4], 수신신호의 입사각을 이용하는 AoA(Angle of Arrival) 방식[5], 신호가 수신된 시간을 이용하는 방법으로 기본적인 GPS의 측위방법인 ToA(Time of Arrival) 방식[6]과 TDoA(Time Difference of Arrival) 방식[7] 등이 있다. 그리고 IEEE 802.15.4a에서 정의된 CSS를 이용해 송신측에서 출발하여 수신측에 도착한 전파 전송시간과 전파속도를 통해 거리를 측정하는 방식인 TWR과 TWR 수행단계를 두번 반복해서 거리측정의 정확성을 높인 SDS-TWR이 있다.

또한 거리측정 기술을 이용해 측정된 거리를 실제거리와 근접하게 보정하는 알고리즘에는 TSK(Takagi-Sugeno-Kang) 퍼지모델[8], 칼만 필터(Kalman Filter)[9] 등이 있다. TSK 퍼지모델은 일반적으로 제어 모델에서 사용되는데 불규칙적인 데이터 값을 일반적인 퍼지모델을 이용하여 선형적인 모델로 만들어 불규칙적인 거리측정 오차를 줄이는 방법이다.

칼만 필터는 효율적인 계산수단을 제공하는 수학 방정식의 집합으로 프로세스의 상태를 추적하기 위해 오차를 최소화하는 방법이다. 이 필터는 위성정보와 같이 코드화된 통계적인 정보분석을 수행하는 필터로서 장애물에 의해 약간의 수신 장애가 발생할 경우와 같은 약한 신호에도 좋은 결과를 검출해 위치 추적 시스템에서 위치를 보정하게 된다.

그 이외의 보정알고리즘은 실제거리 값 보다 큰 측정값을 없애기 위한 유클리드 방정식 기반의 차원(Dimension) 감소방법[10], CSS기반의 시스템에서 전송 펄스를 짧게 하여 간섭을 피하는 방법[11] 등이 있다.

3. SDS-TWR의 문제점 분석

3.1 TWR 및 SDS-TWR

TWR은 IEEE 802.15.4a 표준규격에 의하면 노드 A의 패킷 전송시간부터 노드 B로부터 ACK 패킷을 수신시간까지의 시간인 T_{round} 와 노드 A로부터 수신한 패킷의 수신 시간부터 ACK 패킷을 노드 A에게 전송한 시간의 간격인 T_{replyB} 를 이용해 식 (1)과 같이 T_p 를 계산한다.

$$T_p = \frac{1}{2}(T_{round} - T_{replyB}) \quad (1)$$

따라서 노드 A와 B 사이의 거리(D_{AB})는 식 (1)을 통해 구해진 T_p 에다 신호의 전달속도(C)를 곱해서 식 (2)와 같이 계산한다.

$$D_{AB} = T_p * C \quad (2)$$

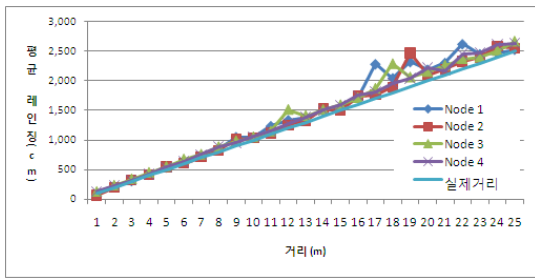
SDS-TWR은 두 번의 TWR 단계를 통해 평균적으로 보다 정확한 거리를 구할 수 있다[12]. 따라서 T_p 는 식 (3)과 같이 구할 수 있으며, 이 값을 이용하여 TWR의 경우처럼 D_{AB} 를 계산한다.

$$T_p = \frac{1}{4}((T_{\delta 1} - T_{replyA}) + (T_{\delta 2} - T_{replyB})) \quad (3)$$

3.2 SDS-TWR의 문제점 분석

거리측정 레인지 구간에서 SDS-TWR의 거리별 평균 레인지 성능은 나노트론 테크놀로지(Nanotron Technology)의 자료에 의하면 실내의 경우 약 2m, 실외인 경우 약 1m 정도의 오차범위를 갖는 것으로 소개하고 있으나 거리별 평균 레인지 값을 실제로 실험에 의해 확인한 바에 의하면 그림 1과 같이 다른 결과가 있음을 확인하였다. 즉, 두 노드간의 거리가 1~8m의 경우에는 1~2m 이내의 오차를 보이지만 8m 이후인 경우 특히 16~23m 구간에서는 평균 2.9m, 최대 5.8m의 오차가 발생하였다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 실험환경별로 노드별 평균 측정거리와 실제거리간의 오차비율을 측정 후 오차비율 오프셋을 이용해 측정된 거리 값을 실제거리에 매우 근접하게 하는 SDS-TWR의 보정알고리즘을 제시하였다.



[그림 5] 4개 노드의 거리별 평균 레인징 성능

4. 거리측정의 오차비율 오프셋을 적용한 보정알고리즘

제안하는 보정 알고리즘은 실험 장소에서 1~25m의 영역을 대상으로 1m 간격으로 50개씩 SDS-TWR으로 측정된 거리 값($DM_i (i = 1, 2, \dots, 50)$)을 수집하여 식 (4)~식 (9)의 과정을 거쳐 거리보정에 필요한 파라미터 값들을 계산한 후, 식 (9)을 이용하여 동일한 장소에서 측정된 DM_i 를 보정한다.

먼저 수집된 50개의 DM_i 의 평균($A(DM)$)값은 식 (4)와 같이 구해진다.

$$A(DM) = \sum_{i=1}^{50} DM_i / 50 \quad (4)$$

DM_i 를 실제거리에 근접하게 만들기 위하여 먼저 오프셋을 계산해야 되는데 이를 위하여 식 (4)에 의해 구해진 $A(DM)$ 과 실제거리(D_r)값의 오차비율을 식 (5)과 같이 계산한다.

$$ER(A(DM) - D_r) = (A(DM) - D_r) / D_r \quad (5)$$

식 (5)에서 계산된 값은 D_r 에 대한 $A(DM)$ 의 오차비율이므로 실제 보정 값($offset(ER(A(DM) - D_r))$)를 적용하기 위해 식 (6)에 D_r 을 곱한다.

$$offset(ER(A(DM) - D_r)) = ER(A(DM) - D_r) * D_r \quad (6)$$

따라서 실제거리에 근접한 값(D_{estval})은 식 (7)와 같이 측정된 거리 값인 DM_i 에서 식 (6)의 값을 제거함으로써

구할 수 있다.

$$D_{estval}(i) = DM_i(i = 1, 2, \dots, 50) - offset(ER(A(DM) - D_r)) \quad (7)$$

식 (7)에 의해 산출되는 $D_{estval}(i)$ 값은 D_r 에 근접한 값이긴 하지만 $D_{estval}(i)$ 들의 값 중 약 50% 정도가 D_r 보다 낮게 나오게 되는데, 그 이유는 $D_{estval}(i)$ 값을 산출할 때 $A(DM)$ 을 기준 값으로 DM_i 을 보정하기 때문이다. $D_{estval}(i)$ 가 D_r 보다 낮게 나오면 삼각측량법 같은 위치인식 방식은 사용할 수 없게 된다.

따라서 $D_{estval}(i)$ 를 $A(DM)$ 보다 높은 값으로 만들어 $D_{estval}(i)$ 가 D_r 보다 낮게 나오는 현상을 최대한 줄여야 한다. 이를 위해 $A(DM)$ 를 구하는데 사용된 DM_i 들과 $A(DM)$ 의 오차비율인 $ER(DM - A(DM))$ 을 계산해야 한다. $ER(DM - A(DM))$ 은 $A(DM)$ 에 대한 DM_i 의 오차비율을 의미한다.

여기에서 오차비율의 등급은 [표 1]과 같이 $ER(DM - A(DM))$ 을 2.5% 단위로 구분하여 계산하였는데, 그 이유는 첫째, 2.5% 단위보다 더 세분해서 설정할 경우는 $ER(DM - A(DM))$ 당 해당하는 DM_i 의 개수가 비슷하기 때문에 $ER(DM - A(DM))$ 을 설정하기 힘들다. 둘째는 $ER(DM - A(DM))$ 이 2.5% 단위로 설정할 경우는 $ER(DM - A(DM))$ 의 설정은 용이하나 $D_{estval}(i)$ 과 D_r 의 오차가 커지기 때문이다.

$ER(DM - A(DM))$ 의 결정은 DM_i 의 분포가 많은 경우의 $ER(DM - A(DM))$ 중에서 낮은 비율의 경우를 선택한다. 그 이유는 최대한 많은 수의 DM_i 을 D_r 보다 높은 값으로 만들기 위한 것이다. 따라서 표 1에서 보는바와 같이 $ER(DM - A(DM))$ 에 대한 DM_i 의 개수는 0%~2.5%와 -2.5%~0%의 경우가 다른 경우에 비해서 많음을 알 수 있는데, 낮은 $ER(DM - A(DM))$ 을 $ER(DM - A(DM))$ 로 해야 하기 때문에 -2.5%가 $ER(DM - A(DM))$ 의 실제 값이 된다.

이렇게 구해진 $ER(DM - A(DM))$ 은 $A(DM)$ 에 대한 DM_i 의 오차비율이다. 그래서 때문에 식 (8)과 같이 $A(DM)$ 과 곱하여 $offset(ER(DM - A(DM)))$ 을 계산한다. 이 값은 음수이기 때문에 양수를 만들기 위해 -1을 곱해야 한다.

$$offset(ER(DM - A(DM))) = ER(DM - A(DM)) * A(DM) * -1 \quad (8)$$

[표 1] $ER(DM-A(DM))$ 비율에 따른 거리별 $DM_i (i = 1, 2, \dots, 50)$ 수

거리(m) $ER(DM-A(DM))$	5	10	15	20	25
2.5% 이상	3	0	0	0	0
2.5%~5.0%	12	2	0	6	1
0.0%~2.5%	13	23	27	15	26
-2.5%~0.0%	11	25	23	22	23
-2.5% 이하	11	0	0	7	0

따라서 보다 더 정확한 거리 측정값을 얻기 위하여 앞에서 구한 식 (7)에 식 (8)을 더하여 식 (9)을 도출함으로써 $DM_i (i = 1, 2, \dots, 50)$ 을 실제거리 D_r 보다 높은 값을 가지게 한다.

$$CA_d = Destval(i) + offset(ER(DM-A(DM))) \quad (9)$$

여기에서 식 (4) ~ 식 (8)의 파라미터의 단위는 $ER(DM-A(DM))$ 과 $ER(A(DM)-D_r)$ 이 %이고 나머지는 전부 cm이다.

5. 실험 및 결과분석

5.1 실험환경

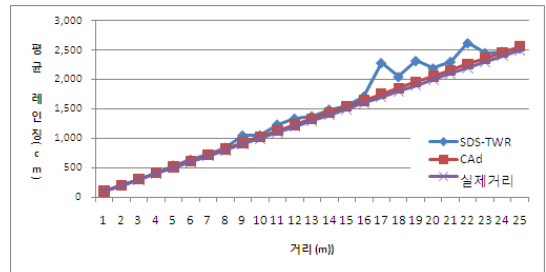
본 논문의 4장에서 제안한 측정거리의 오차비율 오프셋을 적용한 SDS-TWR의 보정 알고리즘(CA_d)의 실험은 본 대학교의 강당의 LOS 환경에서 각 노드들을 바닥에서 약 1m의 높이에 두고 실시되었는데 삼각대에 부착되어 있는 모듈이 실험에 사용된 노드들이다. 노드 간의 거리측정 방법은 레인징 거리 구간(1~25m)을 1m 간격으로 25개의 위치에 대해 SDS-TWR을 적용하였다. 25개의 각 지점에서 50개씩 거리 값이 측정 및 수집되어 제안한 보정 알고리즘을 통해 거리 값을 보정한다.

5.2 결과분석

거리측정 레인징 구간을 SDS-TWR을 이용해 측정된 거리 값과 SDS-TWR에 제안한 보정 알고리즘(CA_d)을 적용해서 측정된 거리 값의 실험결과는 그림 2~그림 3과 같다. SDS-TWR과 CA_d 의 레인징 측정 값 평균의 성능 비교는 그림 5에서 보면, SDS-TWR은 1~8m의 거리에서

측정된 레인징 값은 실제거리와 매우 근접하게 나오지만 9m 이상의 거리에서는 실제거리보다 높게 나오는데, 특히 레인징 거리 16m 이후에서 급격하게 오차가 커지는 것을 볼 수 있다. 그에 비해 CA_d 는 전체 레인징 구간에서 오차가 매우 균일하면서 SDS-TWR 보다 낮은 오차를 보인다. 그리고 레인징 거리 구간 17~22m까지는 CA_d 가 SDS-TWR 보다 평균 344cm 정도가 실제거리에 더 가까운 것을 알 수 있다.

그러나 본 논문에서 제시한 보정 알고리즘은 SDS-TWR을 이용해 측정된 거리 값이 실제거리보다 크다는 전제조건을 바탕으로 설계된 알고리즘이기 때문에 일부 거리에서 보정 알고리즘을 적용한 거리 값이 SDS-TWR에 의해 측정된 거리 값보다 낮게 나온 경우도 확인되었다. 그림 2에서 보면 레인징 거리 25m에서는 SDS-TWR이 2,530cm, CA_d 가 2,552cm로 SDS-TWR이 CA_d 보다 22cm 더 실제거리에 가까운 것으로 확인되었다. 이것은 SDS-TWR을 이용해 측정된 거리 값의 오차가 10~30cm의 매우 낮은 오차를 보이는 부분에 이러한 현상이 나왔으나 1m, 8m 및 25m의 레인징 거리에서 일어났고, 그 오차가 미미하기 때문에 큰 문제는 아닌 것으로 생각된다.



[그림 6] SDS-TWR과 CA_d 의 레인징 측정값(평균) 비교

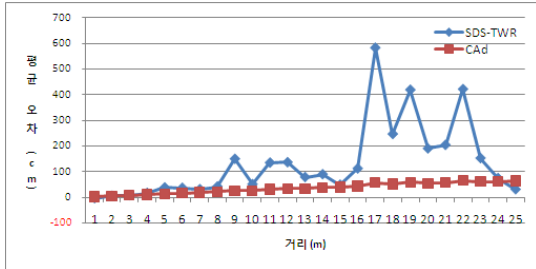
그림 3은 SDS-TWR과 CA_d 의 레인징 측정값(평균)의 오차를 비교한 것이다. 그림 6에서 보면 레인징 거리 구간 1~4m에서는 SDS-TWR과 CA_d 와 큰 차이가 없지만 레인징 거리 4m 이후부터는 점차 오차의 차이가 커진다. 표 2는 CA_d 가 SDS-TWR보다 성능이 우수한 경우를 정리한 것이다. 여기서 보듯이 특히 레인징 거리 구간 17~22m의 경우에는 SDS-TWR 보다 최소 135cm, 최대 526cm의 오차 개선이 됨을 확인하였다.

또한 레인징 거리 1m에서는 SDS-TWR의 오차가 -5cm로 측정되었는데 이와 같은 실제거리 보다 낮게 측정된 거리 값도 CA_d 를 통해 2cm로 보정되었음을 확인

하였다. 이것은 실제거리와 SDS-TWR에 의해 측정된 거리 값의 평균의 오차비율을 이용하는 것이기 때문에 가능하다.

하지만 실제거리와 CA_d 의 거리별 오차가 약 3%씩 차이가 나기 때문에 거리가 멀어질수록 오차도 증가한다. 따라서 레인징 거리 50m 이상의 원거리에서는 SDS-TWR이 CA_d 보다 오차가 낮을 것으로 예상되어 50m 이상의 레인징 거리에서는 본 논문에서 제시한 보정 알고리즘이 보정 효과를 주지 못할 것으로 판단된다.

그림 2와 그림 3의 결과를 종합적으로 분석하면, CA_d 는 SDS-TWR 보다 레인징 오차가 평균 95cm 정도 낮게 나오며, 최대 526cm 정도 낮게 나왔다. 그리고 전체 레인징 거리 구간에서 CA_d 는 약 60cm 이내의 오차를 가짐을 알 수 있었다.



[그림 7] SDS-TWR과 CA_d 의 레인징 측정값(평균)의 오차 비교

[표 2] 각 거리별 오차비교(1,700~2,200cm) (단위 : cm)

거리	1,700	1,800	1,900	2,000	2,100	2,200
SDS-TWR	2,283	2,046	2,319	2,190	2,304	2,622
CA_d	1,757	1,851	1,958	2,055	2,158	2,266
오차 비교	526	195	361	135	146	356

이러한 결과를 통해 본 논문에서 제시한 거리측정의 오차비율 오프셋을 적용한 보정알고리즘은 LOS 환경에서 매우 정밀한 정확도를 가지며, 아주 우수한 성능으로 판단된다. 그러나 레인징 거리가 25m 이상인 경우는 제한한 CA_d 가 효과를 주지 못하기 때문에 25m 단위로 노드를 설치하여 위치인식을 수행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

6. 결론

본 논문에서는 측정거리의 오차비율 오프셋을 적용한 보정 알고리즘인 CA_d 를 제안하였다. 그리고 두 노드를 LOS환경에서 레인징 거리 구간 1~25m를 1m 간격으로 SDS-TWR의 거리 값을 측정하여, 각 파라미터의 값을 계산하고 이를 CA_d 에 적용해 분석하였다. 그 결과, 레인징 거리 구간 16~25m에서 SDS-TWR은 평균 258cm, 최대 583cm의 오차를 보였고, CA_d 는 평균 59cm, 최대 66cm의 오차를 보여 CA_d 의 성능은 SDS-TWR으로 측정된 거리 값에 비해 매우 안정적으로 개선됨을 확인하였다.

전체 레인징 거리 구간에서는 SDS-TWR으로 측정된 거리 값보다 CA_d 를 적용한 거리 값이 평균 95cm, 최대 526cm 만큼 실제거리에 더 근접하게 나왔으며, CA_d 를 적용한 거리 값과 실제거리와의 차이가 약 60cm 이내로 나와 LOS환경에서는 CA_d 가 매우 정밀한 정확도를 가짐을 확인하였다.

향후 본 논문에서 제시한 CA_d 를 이용한 위치인식 시스템을 개발하여 실제 위치인식 환경에서의 성능 분석과 이를 기반으로 레인징 오차율을 3% 이하로 감소시킬 수 있는 방안을 연구할 예정이다.

참고문헌

- [1] Mark Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century," Scientific American, Sep. 1991.
- [2] 최창용, 이동명, "무선 센서네트워크에서 거리 식별코드를 이용한 위치인식시스템 설계 및 구현," 한국통신학회논문지 34권 8호, 한국통신학회, pp. 575-582, 2009. 8.
- [3] IEEE 802.15.4a, "Part 15.4a : Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area network (LR-WPANs)," rdafr P802.15.4a/D7, Jan. 2007.
- [4] Rong Peng, Mihail L. Sichitiu, "Angle of Arrival Localization for Wireless Sensor Networks," in Proc. of the Third Annual IEEE Communications Society and Networks, Vol.1, pp.374-382, Sep. 2006.
- [5] 조영수, 조성운, 김병주, 이성호, 김재철, 최완식, "실내외 연속측위 기술 동향," 전자통신동향분석, 22권 3호, pp.20-28, 2007.
- [6] Yiu-Tong Chan, herman Yau Chin Hang, Pak-chung

Ching, "Exact and Approximate maximum Likelihood Localization Algorithms," IEEE Transactions on Vehicular Technology, issue 1, Vol.55, pp.10-16, Jan. 2006.

[7] George A. Mizusawa, "Performance fo Hyperbolic Position Location Techniques for Code Division Multiple Access," Master thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE in Electrical Engineering, Aug. 1996.

[8] T. Takagi, and M. Sugeno, "Fuzz identification of system and its application to modeling and control," IEEE Trans on System, Man, Cybernetics, Vol.15, No.1, pp.116-132, 1985.

[9] B.W. Kozminchuk, A.U.H. Sheikh, "A Kalman Filter-Based Architecture for on Comm, 43(234), pp.574-580, 1995.

[10] Y. Qi, H. Kobayashi, and H. Suda, "On time-of-arrival positioning in a multipath environment," IEEE Trans. on Vehicular Technology, 2006.

[11] Michael Tuchler, Volker Schwarz, Alexander Huber, "Location accuracy of an UWB localization system in a multi-path environment," IEEE International Conference on Ultra-Wideband, Zurich, Sep. 2005.

[12] 권성기, 이호철, 이동명 "정밀한 위치인식을 위한 CSS기반 TWR과 SDS-TWR 메카니즘의 성능 비교," 2009년도 한국통신학회 하계종합학술발표회, 한국통신학회 Vol.39, pp. 888, 2009. 6.

이 동 명(Dong Myung Lee)

[정회원]



- 1982년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1990년 8월 : 숭실대학교 전산공과 (공학석사)
- 1997년 8월 : 숭실대학교 전자계산학과(공학박사)
- 1982년 3월 ~ 2000년 2월 : 한국전자통신연구원 책임연구원
- 2000년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야>

이동통신시스템, 센서네트워크, 지능형 로봇

최 창 용(Changyong Choi)

[준회원]



- 2008년 2월 : 동명대학교 컴퓨터공학과 졸업
- 2008년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 컴퓨터공학과 석사과정

<관심분야>

센서네트워크, WPAN, LBS, Flex, DB