

논문 2012-07-09

수신신호세기의 편차 보정법을 이용한 무선센서노드 간의 거리 추정

(Ranging the Distance Between Wireless Sensor Nodes Using the Deviation Correction Method of Received Signal Strength)

이진영, 김중규*

(Jin-Young Lee, Jung-Gyu Kim)

Abstract : Based on the Zigbee-based wireless sensor network, I suggest the way to reduce errors between the short distance, improving the accuracy of the presumed distance by revising the deviation of RSSI(Received Signal Strength Indication) values is to estimate the distance using only the RF signal power without the additional hardware. In general, the graph measured by RSSI values shows the proximity values which are ideally reduced in proportion to the distance under the free outdoor space in which LOS(Line-Of-Sight) is guaranteed. However, if the result of the received RSSI values are each substituted to the formula, it can produce a larger margin of error and less accurate measurement since it is based upon the premise that this free space is not affected by reflected waves or obstacles caused by the ground and electronic jamming engendered by the environment. Therefore, the purpose of this study is to reduce the margin of errors between the distances and to measure the proximity values with the ideal type of graph by suggesting the way to revise the received RSSI values in the light of these reflected waves or obstacles and the electronic jamming. In conclusion, this study proves that errors are reduced by comparing the proposed deviation correction method to the revised RSSI value.

Keywords : WSN, Localization, Ranging, RSSI, Deviation, Correction

1. 서론

1. 연구배경

무선센서네트워크(Wireless Sensor Network: WSN) 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅 분야의 핵심기술 중 하나로, 저 전력으로 동작하는 프로세서와 메모리, 무선 송수신 칩을 장착한 초소형의 센서 노드를 사용한다. 유비쿼터스 사회에서 보이지 않는 기술을 구현하는 요소로서 무선 센서 모듈들은 좁은 범위

내에서 동작하면서 유비쿼터스 컴퓨팅환경에서 사람과 컴퓨터 사이에 중계자로서의 역할을 수행한다 [1]. 이러한 핵심 기술 중의 하나인 위치 추정 기술은 무선 센서네트워크의 급속한 확산에 따라 매우 빨리 발전하고 있다. 위치를 추정하기 위해서는 우선 각 센서 노드의 거리 추정을 먼저 해야 하는데, 이를 위해 여러 분야에서 기술 개발 및 측정오차를 줄이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

2. 연구의 중요성

노드의 거리 추정은 사물의 거리나 사용자의 거리 정보를 획득하여 다양한 응용 분야에 사용될 수 있다. 획득한 거리 정보는 사회적으로 이슈가 되고 있는 납치사건, 미야방지, 장애인 보호 등에 다양하게 적용 될 수 있고, 파급 효과는 매우 클 것으로 예상된다. 일반적으로 Zigbee를 이용한 수신신호세

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2011. 11. 04., 수정일 : 2011. 12. 05., 채택확정 : 2012. 01. 05.

이진영, 김중규 : 대구대학교 정보통신공학부

※ 이 논문은 2011학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

기(Received Signal Strength Indication: RSSI) 기반의 거리추정 시스템을 많이 사용한다. 별도의 추가적인 장비 없이 거리 추정이 가능하고, 구축비용이 저렴하며 응용 범위가 넓기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 추가적인 장비 도입 없이 좀 더 정확한 노드의 거리 추정 방법을 제안한다.

II. 관련 연구

1. 노드간 거리 추정 기술

1.1 TDoA(Time Difference Of Arrival)

TDoA 방식은 그림 1과 같이 두 개의 서로 다른 신호가 동시에 발생했을 때, 두 신호가 목적지에 도착하는 시간 차이를 이용해서 거리를 계산하는 방식이다. TDoA 방식은 주로 두 신호의 속도 차이를 알고 있을 때 사용하게 된다. 많은 경우 마이크로파와 초음파 혹은 소리를 이용해서 TDoA를 사용한다 [2-4].

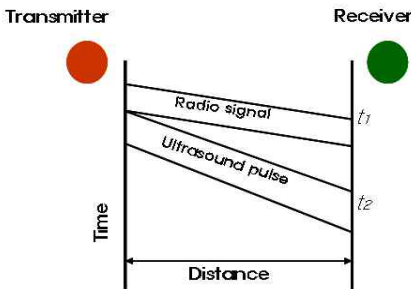


그림 1. TDOA 방식
Fig. 1. TDMA Method

1.2 ToA(Time of Arrival)

ToA 방식은 그림 2와 같이 신호를 발생시켜서 목적지에 도달했을 때의 시간을 그대로 거리로 환산하는 방식이다 [2-4].

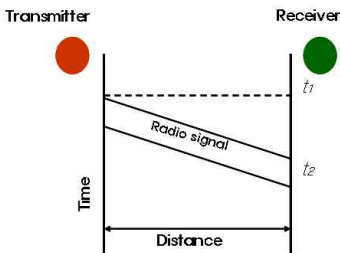


그림 2. ToA 방식
Fig. 2. ToA Method

1.3 AoA(Angle Of Arrival)

그림 3과 같이 AoA 방식은 두 출발 지점에서 하나의 목적 지점까지 도달하는 두 신호가 이루는 각도를 측정하는 방식이다 [2-4].

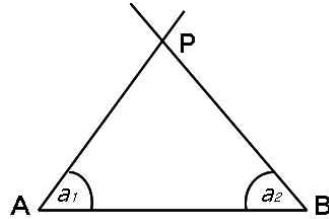


그림 3. AoA 방식
Fig. 3. AoA Method

2. 거리 추정 방법들

2.1 적외선(infrared or infrared radiation: IR)

적외선을 이용한 방식은 곳곳에 부착된 적외선 센서가 고유 ID코드를 가진 적외선 장치를 인식하여 위치를 찾아내는 방식이다 [5].

2.2 초음파(ultrasonics wave, supersonic)

초음파는 RF와 초음파의 속도차이를 이용하여 측정 하며, 빛보다는 굴절률이 크기 때문에 전방에 작은 장애물이 있어도 소리라는 특성상 전파가 가능하나 그 정확도가 떨어지는 단점이 있다 [6-7].

2.3 블루투스(Bluetooth)

블루투스는 근거리 무선 통신 규약으로 반경 10~100m사이의 각종 전자/정보통신 기기를 무선으로 연결하는 기술이다. 2.45GHz 주파를 사용하며 최근 가정이나 사무실에 컴퓨터, 프린터, 휴대폰, PDA등 다양한 기기에 적용 대중화 되어있다.

2.4 RFID(Radio Frequency Identification)

RFID는 태그(tag)와 리더(Reader)로 구성되어 있으며 리더에서 RF를 송신하면 태그는 자신의 유일한 ID를 보내준다. 리더는 이 유일한 정보를 읽어서 무슨 태그인지, 어떤 정보인지를 판단한다. 리더와 태그는 사용 주파수와 출력 파워에 따라서 인식 거리가 틀려진다. 일반적으로 태그의 인식 가능 거리는 접촉식이 아닐 경우 수 미터에 이른다.

2.5 UWB(Ultra Wide Band)

UWB는 고속의 근거리 무선 통신망을 제공할

수 있는 새로운 대안으로 최근 많은 연구가 진행 중이다. 이는 군사용 레이더에 사용되던 기술로 임펄스 통신이라고도 한다. UWB 기술은 수백 pico초의 아주 짧은 펄스를 안테나를 통해 바로 전송하는 통신방식이다 [8].

2.6 RSSI(Received Signal Strength Indicator)

RSSI는 신호를 수신하는 단말에서 신호의 세기를 통계적인 방법에 근거하여 확률분포와 대조하여 거리를 추정하는 방법이다. 신호가 전달된 거리가 길수록 RSSI는 작아진다고 가정할 경우, RSSI 값을 거리로 변환할 수 있다. 하지만 RSSI는 주변 환경의 특성에 따라서 변화가 심하기 때문에 직접적으로 이용하기가 어렵다 [9].

III. 제안한 거리 추정 방법

일반적으로 RSSI는 LOS가 보장된 자유공간환경에서는 이상적인 형태로 거리에 비례하여 감소하는 형태에 근접하게 보여준다. 자유공간은 진공이나 굴절률이 1에 가까운 공기 중의 공간을 말한다. 즉, 지면에 의한 반사파와 환경에 의한 전파 방해를 전혀 받지 않는다는 전제를 두고 있다.

식(1)은 Friis 공식으로 자유공간을 통한 무선링크의 송수신 전력 관계를 표현하는 공식이다 [10].

$$P_{TX}G_{TX}G_{RX}\left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 \quad (1)$$

이 Friis 공식에, 자유공간에서의 수신신호세기를 대입하면 실제 거리를 계산 할 수 있다. 그러나 실제 실외 환경은 자유공간과 달리 장애물이나 지면의 반사파 등의 변수가 존재하여 수신신호세기를 Friis 공식에 대입하면 거리 계산에 큰 오차를 가질 수밖에 없다.

그림 4는 거리(m)에 따른 RSSI 값의 이상적인 형태로 로그함수 $RSSI = -(10n\log_{10}d + A)$ 의 형태를 나타낸다. X축은 단위가 m인 거리를 나타내고 Y축은 단위가 dBm인 RSSI 값을 나타낸다.

제안하는 거리 추정방법은 실외환경에서 그림 4와 같은 이상적인 로그 함수 형태와 유사한 그래프를 만드는 것을 목표로 한다. 그림 5는 RF Power Level이 31일 때 RSSI의 값을 나타낸 것이다. 점선 영역으로 표시된 부분은 장애물 또는 지면의 반사파로 인해 수신 신호 세기가 증가한 것이다.

이상적인 형태의 그래프인 그림 4와 RF Power Level 31일 때 RSSI 값을 나타낸 그림 5를 비교해 보면 어떠한 변수에 의하여 점선 영역의 값이 증가

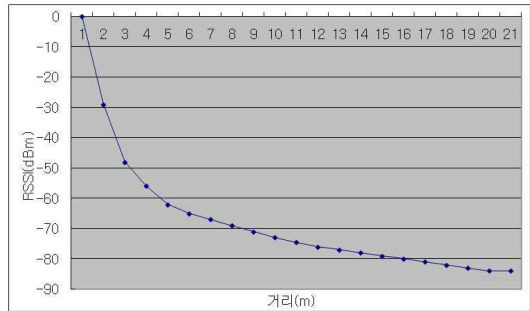


그림 4. 거리에 따른 이상적인 RSSI 값
Fig. 4. Ideal RSSI Value by Distance

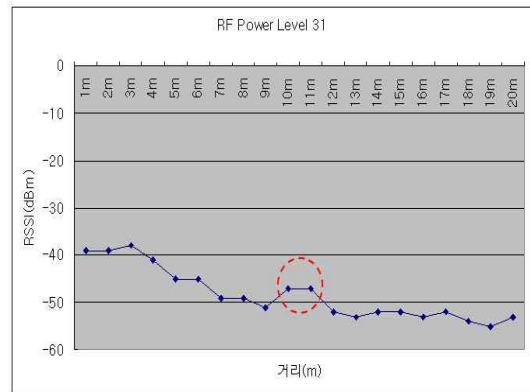


그림 5. RF Power Level 31일 때 RSSI 값
Fig. 5. RSSI Value at RF Power Level 31

된 것을 알 수 있다. +1의 값이라도 증가가 된다면 오차의 폭은 점점 커질 것으로 예상되고, 정확도가 줄어들게 된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 먼저 편차를 구하고, 양수를 보정하여 거리를 구하는 방법을 제안한다.

제안한 방법을 자세히 설명하면, 먼저 추정할 거리 간격 및 횟수(N)를 설정하고, 반복 횟차(I)를 설정한다. 각 횟차에서 하드웨어 설정 및 초기화를 시키고, 각 Level에 따라 신호 수신 및 데이터를 저장하며 RF Power Level 31에서 Power Level을 -4씩 감소시키면서 RF Power Level 3이 될 때 까지 데이터 수신 및 저장을 한다. RF Power Level이 3이 되면 식 (2)를 이용하여 I횟차 편차를 계산한다. 편차가 0보다 큰 양수이면 이상적인 로그 함수 그래프인 그림 4에서 감소 형태가 아니므로 오류라고 판단하고, 양수 값을 삭제하여 수신된 RSSI 값을 보정한다. 보정된 값을 거리 계산식인 평균값 방식, 피드백 방식 등의 이용하여 I횟차 거

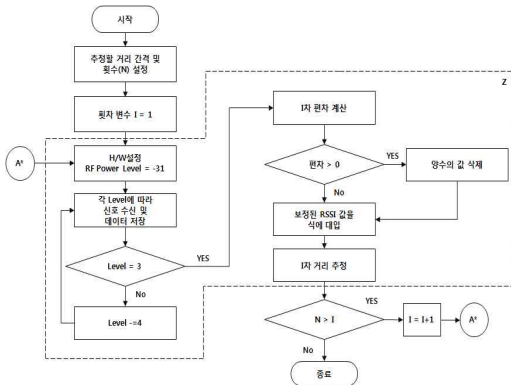


그림 6. 제안한 방법의 순서도

Fig. 6. Flowchart of Proposed Method

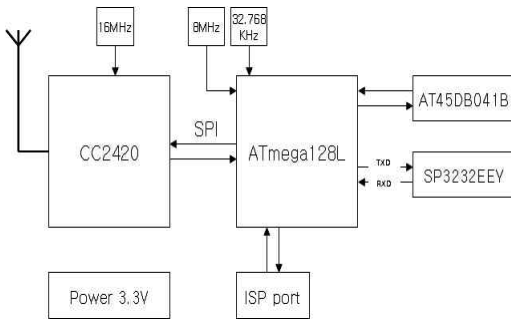


그림 7. 제작된 센서노드 블록 다이어그램

Fig. 7. Block Diagram of Sensor Node



그림 8. 실외 실험 환경

Fig. 8. Experimental Environment

리를 추정한다.(점선으로 표기된 Z영역) 다음 거리의 횃차를 N회 반복하여 거리 추정방법을 검증한다. 그림 6은 제안된 편차 보정을 위한 방법을 나타낸 순서도이다.

IV. 실험 및 결과 고찰

1. 실험환경

실험에 사용한 센서노드는 자체 제작한 것으로 그림 7과 같이 마이크로 컨트롤러는 RISC 구조를 사용하는 ATmega128L이며 내부에 128Kbyte의 ISR(In-System Reprogrammable)기반의 플래시 메모리와 4Kbyte의 내부 SRAM 및 4Kbyte의 EEPROM을 지원한다. Nano24의 메인 무선 모듈은 CC2420을 사용하고, 추가적으로 외부 플래시 메모리 512Kbyte와 외부 SDRAM 32Kbyte를 지원한

표 1. 출력 파워
Table 1. Output Power

Level	TXCTRL register	Output Power(dbm)
31	0xA0FF	0
27	0xA1FB	-1
23	0xA2F7	-3
19	0xA3F3	-5
15	0xA4EF	-7
11	0xA5EB	-10
7	0xA6E7	-15
3	0xA7E3	-25

다. Nano24는 Main, Interface, Sensor, Actuator 등 4개의 모듈로 구성되어 있다 [11].

표 1은 센서노드의 RF 칩인 CC2420의 RF Output Power 출력 설정 레지스터이다 [12].

본 논문의 실험 환경은 그림 8과 같은 실외 환경에서 테스트를 하였다. 실외환경에서 정지되어 있는 장애물 등을 고려하여 실험을 수행하였다.

2. 실험 방법

지면으로부터 1.2m 위치에 센서 노드를 고정하고, 1m ~ 20m까지의 수신된 RSSI 값을 측정하였다. 1m ~ 20m 까지 1m의 간격으로 1 ~ 31까지의 RF Power Level 별 각 100번씩 10번의 패킷을 받았다. 수신되는 노드는 고정되어 있고, 송신되는 노드는 패킷을 전송하고 난 뒤에 1m간격으로 이동하여 패킷을 전송하였다. 로그파일에 저장된

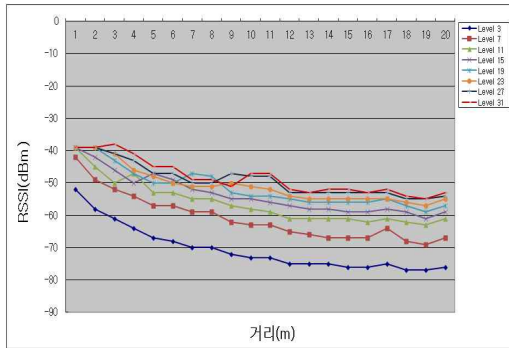


그림 9. RF Power Level에 따른 RSSI 측정값
Fig. 9. RSSI Value by the RF Power Level

RSSI 값의 데이터를 분석한다.

3. 실험 결과

3.1 각 RF Power Level의 거리 측정 값

그림 9는 실외 환경에서 RF Power Level에 따라 거리별 RSSI 값을 측정된 값이다. X축은 거리 (m)를 나타내며, Y축은 RSSI(dBm)이다. 이 값들은 각 RF Power Level의 수신된 값의 평균값이다.

실험 결과를 분석해 보면, 장애물이나 지면의 반사파에 의하여 RSSI 값이 비정상적으로 변화된 것을 확인 할 수 있다. 위 그림에서 RF Power Level 3으로 수신된 값은 그림 4의 이상적인 그래프와 유사함을 보인다. RF Power Level 7에서는 17m, RF Power Level 11에서는 4m ~ 5m 일 때에 증가했음을 확인했다. RF Power Level 15에서는 5m ~ 6m 증가했고, 19m 일 때는 감소했다. RF Power Level 19에서는 7m ~ 8m일 때는 증가 했고, 19m 일 때는 감소했다. RF Power Level 23에서는 8m ~ 12m, RF Power Level 27에서는 5m ~ 13m 일 때는 증가했다. RF Power Level 31에서는 대부분의 거리에서 이상적인 그래프와 차이를 보인다. 같은 RF Power Level에서도 장애물 또는 지면의 반사파 때문에 수신신호세기가 이상적인 그래프의 형태를 만들지 못하고, 양의 값, 음수의 값으로 변화가 일어난 것을 확인했다. 양수 값, 음수 값 때문에 RSSI를 이용한 거리계산에서 많은 오차를 보인다.

3.2 각 RF Power Level별 편차 보정 된 값

표 2는 각 RF Power Level별 편차 값이다. 식 (2)는 이전 수신된 신호 값에서 현재 수신된 값의 차이를 계산하였다.

$$\text{편차} = -x_n + x_{n+1} \quad (2)$$

표 2에 표시된 음영 영역은 양수를 말하며, 격자 영역은 0, 그리고 빗금 영역은 설정된 오차 범위를 벗어난 값을 나타낸다. 음영영역은 0보다 큰 값을 말하며, 이상적인 RSSI의 그래프 그림 4는 거리가 멀어 짐에 따라 값이 감소하는 형태를 보여 준다. 그러므로 양수로 나타내어진 편차의 값은 오차의 범위로 간주한다. 격자영역은 값의 변화가 없으므로 오차 범위에 속하지 않는 것으로 본다.

빗금영역의 값은 설정된 오차 범위인 -5 보다 작은 값이므로 수신 신호 세기의 음의 오차를 나타낸다. 음영영역과 빗금영역은 오차 발생 영역으로 간주되므로 삭제하고 그 이외의 값을 이용하여 편차의 평균을 계산한다. 편차의 평균값을 계산할 때, 격자영역인 0은 편차평균의 개수에 포함하여 계산한다.

표 2. 각 RF Power Level별 편차
Table 2. Deviation of RF Power Level

L	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
3	-6	-3	-3	-3	-1	-2	0	-2	-1	0
4	-4	-3	-3	-2	-1	-2	0	-4	0	-1
5	-4	-3	-2	-3	-1	-2	0	-3	-1	-1
6	-4	-3	-3	-2	0	-3	0	-3	-1	0
7	-7	-3	-2	-3	0	-2	0	-3	-1	0
8	-8	2	5	-3	0	-2	0	-2	-1	0
9	-7	1	5	-2	-1	-2	0	-2	-1	-1
10	-8	1	6	-1	0	-3	0	-2	-1	0
11	-6	-5	3	-6	0	-2	0	-2	-1	-1
12	-5	-4	-3	2	-2	-2	-1	-2	-1	0
13	-4	-5	-3	4	-4	-2	-1	-2	-1	0
14	-5	-4	-3	3	-3	-2	-1	-2	0	-1
15	-3	-4	-4	3	-2	-3	-1	-2	0	-1
16	-2	-3	-4	-2	-1	2	-1	-3	-1	-1
17	-3	-2	-4	-3	-1	2	0	-4	0	-1
18	-1	-4	-4	-3	0	1	-1	-2	-1	-1
19	0	-4	-4	-3	0	3	-1	5	-1	0
20	0	-4	-2	-4	-1	3	0	5	0	-1
21	0	-4	-4	-2	0	-1	3	5	-1	0
22	0	-3	-4	-3	0	2	0	-3	-2	-1
23	0	-2	-5	-2	-2	-1	0	1	-1	-1
24	0	-2	-3	-3	-1	-2	-1	3	-2	-1
25	0	-2	-2	-4	1	-4	-1	2	0	-2
26	0	-2	-3	-4	-1	-1	-1	3	-1	-2
27	0	-2	-2	-4	0	-3	0	3	-1	0
28	0	0	-3	-4	1	-4	-1	0	3	0
29	0	1	-4	-3	-2	-2	-1	3	0	-1
30	0	1	-3	-1	-3	-1	-1	3	0	0
31	0	1	-4	0	-4	0	-2	4	0	0
L	11m	12m	13m	14m	15m	16m	17m	18m	19m	

3	2	0	0	-1	0	1	-2	0	1
4	-1	0	0	-1	0	1	-2	-1	1
5	-1	0	0	-1	0	1	-2	0	0
6	-2	0	0	-1	0	1	-2	0	0
7	-2	-1	-1	0	0	3	-4	-1	2
8	-2	-1	0	-1	1	2	-4	-1	3
9	1	0	1	0	0	2	-4	-1	3
10	2	0	1	-1	1	1	-3	-1	3
11	-2	0	0	0	-1	1	-1	-1	2
12	-2	0	-1	1	-1	1	-2	0	1
13	-2	0	-1	0	0	1	-2	-1	2
14	-2	0	0	0	0	0	-2	0	1
15	-1	-1	0	-1	0	1	-1	-2	2
16	-1	-1	0	0	0	1	-3	0	2
17	-1	-1	0	0	-1	2	-3	0	2
18	-1	-1	0	0	0	1	-2	-1	2
19	-1	-1	0	0	0	1	-2	-2	2
20	-2	0	0	-1	0	1	-2	1	2
21	-2	-1	1	0	1	2	-3	0	1
22	-2	0	0	0	0	0	-2	0	1
23	-2	-1	0	0	0	0	-1	-1	2
24	-2	-1	0	-1	2	0	-2	-1	1
25	-3	0	0	1	-2	1	-1	-1	1
26	-3	0	0	0	0	1	-2	-1	1
27	-5	0	0	0	0	0	-2	0	1
28	-6	0	0	0	0	0	-1	-1	2
29	-4	-1	0	0	0	2	-3	-1	2
30	-6	3	-3	0	-1	5	-5	-1	2
31	-5	-1	-1	0	-1	1	-2	-1	2

표 3. 정해진 Level의 수신된 값의 편차 보정값
Table 3. Deviation Correction Value of Received Value by Deterministic Level

Level	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
3 Level	-53	-56	-60	-62	-63	-64	-64	-66	-66	-67
7 Level	-43	-46	-50	-52	-53	-54	-54	-56	-56	-57
11 Level	-40	-43	-47	-49	-50	-51	-51	-53	-53	-54
15 Level	-40	-43	-47	-49	-50	-51	-51	-53	-53	-54
19 Level	-40	-43	-47	-49	-50	-51	-51	-53	-53	-54
23 Level	-40	-43	-47	-49	-50	-51	-51	-53	-53	-54
27 Level	-40	-43	-47	-49	-50	-51	-51	-53	-53	-54
31 Level	-40	-43	-47	-49	-50	-51	-51	-53	-53	-54
편차평균	-1	-3	-3	-2	-1	-1	0	-1	0	-1

Level	11r	12r	13m	14m	15r	16r	17r	18r	19r
3 Level	-69	-70	-70	-70	-70	-69	-71	-72	-70
7 Level	-59	-60	-60	-60	-60	-59	-61	-62	-60
11 Level	-56	-57	-57	-57	-57	-56	-58	-59	-57
15 Level	-56	-57	-57	-57	-57	-56	-58	-59	-57
19 Level	-56	-57	-57	-57	-57	-56	-58	-59	-57
23 Level	-56	-57	-57	-57	-57	-56	-58	-59	-57
27 Level	-56	-57	-57	-57	-57	-56	-58	-59	-57
31 Level	-56	-57	-57	-57	-57	-56	-58	-59	-57
편차평균	-2	0	0	0	0	1	-2	-1	2

식(3)은 보정된 수신 값의 계산 방법이다.

$$\text{보정된 수신값} = \text{수신된 평균값} + \text{편차보정의 평균값} \quad (3)$$

이러한 계산식에 의해 정해진 Level 들의 수신 신호 세기를 편차 보정 값을 적용하여 계산한 결과는 표 3과 같다.

3.3 실험결과 고찰

그림 10은 각 방법과 거리에 따른 RSSI 값을 나타낸 것인데, 평균값 방식은 1m~8m 거리에서는 오차가 적으나, 거리가 멀어질수록 오차가 커지는 것을 알 수 있다. 제안한 방법은 1m~8m 거리에서는 평균값 방식 보다 오차가 약간 크나, 거리가 멀어질수록 오차 범위가 작아지는 것을 확인했다. 이것은 평균값 방식의 경우 장애물이나 지면의 반사파로 인해 수신 신호 세기가 변화되었기 때문이다. 제안한 양수, 음수 값의 편차 보정법을 사용하여 나

타낸 그래프는 이상적인 RSSI 그래프와 유사한 형태임을 확인할 수 있고, 로그 함수를 사용한 거리 환산으로 평균방식보다 오차를 줄일 수 있다.

그림 11은 평균 방식과 제안하는 편차 보정법의 환산 거리의 오차를 그래프로 나타낸 것이다. X축은 환산거리이며, Y축은 오차의 크기를 나타내고 0에 가까울수록 오차가 작음을 의미한다. 환산 거리가 멀어 질수록 제안한 편차보정법이 평균값 방식보다 오차의 범위가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

평균값 방식의 평균거리 오차는 3.4m, 제안한 편차 보정법의 평균거리 오차는 1.8m이므로 제안한 편차 보정법의 평균 오차 범위는 평균값 방식보다 전체 47% 정도 줄었다.

V. 결 론

무선센서네트워크에서 센서노드의 거리추정기술은 다양한 응용을 위해 필수 불가결한 기술이라고 할 수 있다. 일반적으로 RSSI는 실외에서 LOS (Line-Of-Sight)가 보장된 자유공간환경에서 이상적인 형태로 거리에 비례하여 감소하는 형태에 근접한 그래프를 보여준다. 이 자유 공간은 지면에 의한 반사파와 장애물, 환경에 의한 전파 방해를 전혀

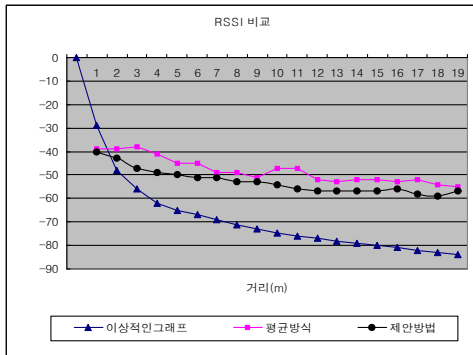


그림 10. 거리와 방식에 따른 RSSI 값
Fig. 10. RSSI Value by Distance and Method

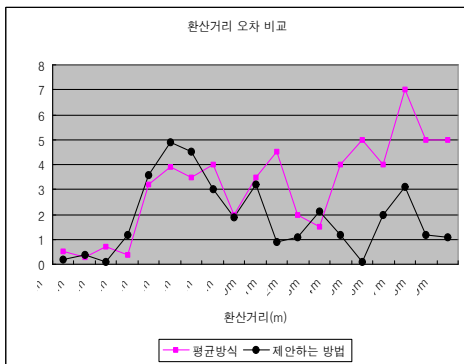


그림 11. 환산거리 오차 비교
Fig. 11. Comparison of Converted Distance Error

받지 않는 다는 전제를 두고 있다. 그러나 실제 수신된 RSSI 값을 계산식에 대입했을 경우 실제 거리보다 오차 범위가 크고 정확성이 떨어지는 단점이 있다.

본 논문에서는 Zigbee기반 무선센서네트워크 근거리 시스템에서 추가적인 하드웨어 없이 RF신호세기만으로 거리를 추정하기 위해, 수신신호세기(RSSI)값의 편차를 보정하여 거리 추정의 정확도를 향상시키고, 오차를 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 제한한 편차 보정법은 RSSI 값의 편차를 양수값과 음수 값을 보정하여 거리 추정의 정확도를 향상시켰다. 평균값 방식의 평균거리 오차는 3.4m, 제한하는 방법의 평균거리 오차는 1.8m이므로 제안하는 방법의 평균 오차 범위는 평균값 방식보다 47.06%가 줄어들었음을 확인 할 수 있었다. 1m ~

5m의 가까운 거리보다 5m 이상의 거리 추정의 응용에 적합하고, 위치 인식을 위한 기초 자료로 사용이 가능하다. 그러나 이동 노드의 거리 추정에 한계가 있고, 1m ~ 5m 사이의 거리 추정에 정확도를 향상시키기 위한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," Scientific American, Vol. 265, No. 3, pp.94-104, 1991.
- [2] A. Boukerche, H.A.B. Oliveira, E.F. Nakamura, A.A.F. Loureiro, "Localization systems for wireless sensor networks," IEEE Wireless Communications, Vol 14, No. 6, pp 6-12, 2007.
- [3] A.H. Sayed, A. Tarighat, N. Khajehnouri, "Network-based wireless location: challenges faced in developing techniques for accurate wireless location information," Signal Processing Magazine, IEEE, Vol. 22, No. 4, pp.24-40, 2005.
- [4] 이지영, 양성원, 이영화, 차호정, "유비쿼터스 환경에서의 위치인식 기술," 인터넷정보학회지, Vol. 7, No. 2, pp.30-37, 2006.
- [5] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, J. Gibbons, "The Active Badge Location System," ACM Trans. on Information Systems, Vol. 10, No. 1, pp.91-102, 1992.
- [6] N. Priyantha, A. Chakraborty, H. Balakrishnan, "The Cricket Location-Support System," Proceedings on the ACM international Conference on MobiCom 2000.
- [7] J. Hightower, R. Wand, G. Borriello, "SpotON: An Indoor 3d Location-Sensing Technology Based on RF Signal Strength," UWCES Technical Report, 2000.
- [8] Y.S. Nam, J.G. Lim, I.H. Jang, "Ranging Performance Evaluation of Relative Frequency Offset Compensation in High Rate UWB," 한국콘텐츠학회논문지 Vol. 9, No. 7, pp.76-85, 2009.
- [9] P. Bahl, V.N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," Proceedings on 19th Joint Conference of the IEEE Computer and

Communications Societies, Vol. 2, pp.775-784,
2000

- [10] D.M. Dobkin. "The RF in RFID:Passive UHF
RFID in Practice," Newnes, 2008.
[11] TinyOS <http://www.tinyos.net/>
[12] CC2420 2.4 GHz IEEE 802.15.4 /
ZigBee-ready RF Transceiver TI

저 자 소 개

이 진 영 (Jin-Young Lee)



2008년 대구대 정보통신
공학부 학사.

2010년 대구대 정보통신
공학과 석사.

관심분야: 임베디드 소프트
웨어, 컴퓨터네트워크.

Email: incline@nate.com

김 중 규 (Jung-Gyu Kim)



1984년 연세대 전자공학
과 학사.

1986년 연세대 전자공학
과 석사.

1992년 연세대 전자공학
과 박사.

현재, 대구대학교 정보통
신공학부 교수.

관심분야: 컴퓨터네트워크, RFID/USN, 인터
넷프로토콜

Email: jgkim@daegu.ac.kr