



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0059094
(43) 공개일자 2018년06월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 5/02 (2010.01) G01S 1/68 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 5/021 (2013.01)
G01S 1/68 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0158258
(22) 출원일자 2016년11월25일
심사청구일자 2016년11월25일

(71) 출원인
건양대학교산학협력단
충청남도 논산시 대학로 121 (내동)
(72) 발명자
김용석
대전광역시 서구 관저북로 52 대자연마을아파트
108동 1006호
(74) 대리인
김대영

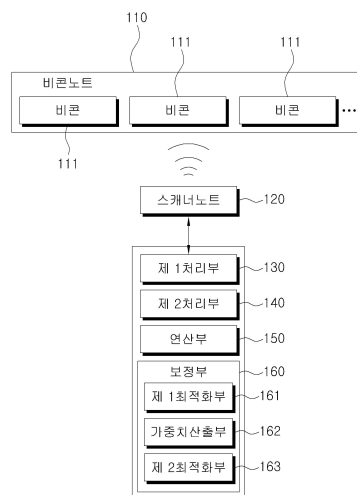
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 비콘이 설치된 공간마다 실내 구조 및 설치된 장애물에 따라 변화하고 편차가 큰 비콘의 무선 신호세기를 보정하여 거리 측정 시 정확도를 향상시킬 수 있는 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01S 11/06 (2013.01)

G01S 5/0294 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016B0014010107

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 산학공동기술개발지원사업

연구과제명 비콘을 이용한 병원내 3D 위치 인식 서비스 개발

기 여 율 1/1

주관기관 건양대학교산학협력단

연구기간 2016.06.01 ~ 2016.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 시스템에 있어서,
 설정된 실내공간의 천장 및 벽에 설치되는 다수의 비콘(111)으로 이루어지는 비콘 노드(110);
 상기 비콘(111)으로부터 RSSI 신호를 수신하는 스캐너 노드(120);
 상기 스캐너 노드(120)에서 수신된 RSSI 신호에 가우시안 필터를 적용하는 제1처리부(130);
 가우시안 필터가 적용된 RSSI 신호를 스무딩 처리하는 제2처리부(140);
 스무딩 처리된 RSSI 신호를 Friis 공식을 통해 예상거리를 계산하는 연산부(150);
 예상거리의 칼리브레이션을 통해 실제거리를 산출하는 보정부(160); 로 이루어지는 것을 특징으로 하는 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 보정부는 스캐너 노드(120)로 사용되는 수단의 안테나 수신율을 반영한 최적화를 진행하는 제1최적화부(161)와, 임의의 한 지점의 RSSI 값을 측정하여 Path Loss의 감쇄에 따른 가중치를 계산하는 가중치산출부(162)와, 상기 가중치를 적용하여 나머지 구간에 대해 최적화를 진행하는 제2최적화부(163)로 이루어지는 것을 특징으로 하는 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 시스템.

청구항 3

비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 시스템을 통해 수행되는 RSSI 보정 방법에 있어서,
 설정된 실내공간의 천장 및 벽에 설치되는 다수의 비콘으로부터 스캐너 노드를 통해 RSSI 신호를 수신하는 스캐닝 단계(S 110);
 상기 스캐닝 단계에서 수신된 RSSI 신호에 가우시안 필터를 적용하는 제1처리 단계(S 120);
 가우시안 필터가 적용된 RSSI 신호를 스무딩 처리하는 제2처리 단계(S 130);
 스무딩 처리된 RSSI 신호를 Friis 공식을 통해 예상거리를 계산하는 연산단계(S 140);
 예상거리의 칼리브레이션을 통해 실제거리를 산출하는 보정단계(S 150); 로 이루어지는 것을 특징으로 하는 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 보정 단계(S 150)는 스캐너 노드로 사용되는 수단의 안테나 수신율을 반영한 최적화를 진행하는 제1최적화 단계(S 151)와, 임의의 한 지점의 RSSI 값을 측정하여 Path Loss의 감쇄에 따른 가중치를 계산하는 가중치산출 단계(S 152)와, 상기 가중치를 적용하여 나머지 구간에 대해 최적화를 진행하는 제2최적화 단계(S 153)로 이루어지는 것을 특징으로 하는 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 가중치산출 단계는 1m 거리에서 측정된 RSSI 값을 활용하여 전송된 TxPower와 비교함으로써 가중치를 계산하는 것을 특징으로 하는 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비콘 기반 실내 측위에 관한 것으로, 자세하게는 비콘이 설치된 공간마다 실내 구조 및 설치된 장애물에 따라 변화하고 편차가 큰 비콘의 무선 신호세기를 보정하여 거리 측정 시 정확도를 향상시킬 수 있는 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 측위 기술은 인류가 자신의 정확한 위치를 고민했던 오래전부터 꾸준히 발전해온 기술로, 고대인류가 기하학, 측량법 등의 학문발전과 종이와 나침판과 같은 도구의 발명하며 정밀한 지도를 그리게 된 것처럼 여러 복합적인 요인에 의해 발전해 왔다.

[0003] 현대의 측위 기술 또한 이처럼 복합적인 요인에 의해 발전하고 있으며, 대표적으로 GPS를 통해 광역의 전역좌표계 기반 위치정보를 들 수 있다. 이러한 방식은 다수의 위성에서 전달하는 정보를 삼각측량법에 의해 계산하므로 위성의 신호를 원활하게 받을 수 없는 실내 및 도심의 전파 음영 지역에서는 정확도가 크게 떨어지는 단점이 있다.

[0004] 또한, 최근의 건축물들이 점차 대형화되고 복잡한 내부구조로 설계됨에 따라 건물 내 실내 측위에 대한 수요가 점차 높아지고 있는 가운데 실내 측위를 위한 연구들은 활발히 진행되어 왔고 그 결과 적외선, 초음파, 전파 등의 무선 신호에 지자기 센서 및 가속도 센서를 더해 실내에서의 위치를 측정하고 보정하고 있다.

[0005] 일반적으로 무선 실내 측위 시스템에서는 Path Loss에 따른 RSSI(Received Signal Strength Indicator)값의 변화를 이용하나, 이러한 RSSI 값은 여러 환경 요소에 영향을 받는 문제가 있다.

[0006] 방해 요소로는 안테나가 향하는 방향을 포함하여 신호를 송출하는 노드와 스캐너 노드 사이의 장애물, 신호 송출 노드의 설치 위치 및 여러 무선 신호간의 간섭과 같은 전파 장애 등등을 들 수 있다. 심지어 전파 간섭을 최소화하기 위해 텅 빈 실내와 같은 최적화된 공간에서조차 실험을 진행하더라도 신뢰할 만큼의 일정한 RSSI 값을 얻기 힘든 것이 현실로 이러한 결과값을 보정하기 위하여 다수의 비콘을 사용하여 RSSI 값을 얻은 다음 삼각측량법을 사용한 뒤 다양한 필터를 적용하는 것이 제안되었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 공개특허공보 제10-2014-0032090호(2014.03.14)
(특허문헌 0002) 공개특허공보 제10-2016-0105628호(2016.09.07)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 창출된 기술로, 본 발명의 목적은 기초가 되는 RSSI 신호로부터 거리를 추측하는 단계에서 정확도를 개선하는 알고리즘을 통해 변화된 실내 공간에 맞추어 측정 노드별로 다른 안테나 수신율에 맞추어 거리를 계산하여 정확도를 향상시킬 수 있는 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 방법 및 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기와 같은 목적을 위해 본 발명 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 시스템은 설정된 실내공간의 천장 및 벽에 설치되는 다수의 비콘으로 이루어지는 비콘 노드; 상기 비콘으로부터 RSSI 신호를 수신하는 스캐너 노드; 상기 스캐너 노드에서 수신된 RSSI 신호에 가우시안 필터를 적용하는 제1처리부; 가우시안 필터가 적용된 RSSI 신호를 스무딩 처리하는 제2처리부; 스무딩 처리된 RSSI 신호를 Friis 공식을 통해 예상거리를 계산하는 연산부; 예상거리의 칼리브레이션을 통해 실제거리를 산출하는 보정부; 로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 이때 상기 보정부는 스캐너 노드로 사용되는 수단의 안테나 수신율을 반영한 최적화를 진행하는 제1최적화부와, 임의의 한 지점의 RSSI 값을 측정하여 Path Loss의 감쇄에 따른 가중치를 계산하는 가중치산출부와, 상기 가중치를 적용하여 나머지 구간에 대해 최적화를 진행하는 제2최적화부로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0011] 상기와 같은 목적을 위해 본 발명 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 방법은 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 시스템을 통해 수행되되, 설정된 실내공간의 천장 및 벽에 설치되는 다수의 비콘으로부터 스캐너 노드를 통해 RSSI 신호를 수신하는 스캐닝 단계; 상기 스캐닝 단계에서 수신된 RSSI 신호에 가우시안 필터를 적용하는 제1처리 단계; 가우시안 필터가 적용된 RSSI 신호를 스무딩 처리하는 제2처리 단계; 스무딩 처리된 RSSI 신호를 Friis 공식을 통해 예상거리를 계산하는 연산단계; 예상거리의 칼리브레이션을 통해 실제거리를 산출하는 보정단계; 로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 이때 상기 보정 단계는 스캐너 노드로 사용되는 수단의 안테나 수신율을 반영한 최적화를 진행하는 제1최적화 단계와, 임의의 한 지점의 RSSI 값을 측정하여 Path Loss의 감쇄에 따른 가중치를 계산하는 가중치산출 단계와, 상기 가중치를 적용하여 나머지 구간에 대해 최적화를 진행하는 제2최적화 단계로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0013] 또한, 상기 가중치산출 단계는 1m 거리에서 측정된 RSSI 값을 활용하여 전송된 TxPower와 비교함으로써 가중치를 계산하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에서는 각 공간마다 보정에 쓰이는 1m 거리에서의 RSSI 값이 공간 데이터 테이블이 생성되므로, 이를 기초로 각 공간에 맞는, 측정 노드별 안테나 수신율에 맞는 보정 수치를 제공할 수 있다.
- [0015] 또한, 가우시안 필터 및 RSSI 스무딩 처리를 통해 측정된 RSSI의 편차를 줄여 노이즈에 영향을 적게 받는 RSSI 값을 제공할 수 있으며, 이에 따라, 다양한 환경에 따른 노이즈를 감안하여 거리를 계산함에 따른 거리 측정 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 시스템 구성을 도시한 블록도,
 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 알고리즘의 순서도,
 도 3은 비콘 패킷 구조를 나타낸 개념도,
 도 4는 비콘 노드 및 스캐너 노드 설치 예상도,
 도 5는 거리별 Raw RSSI-Index 측정 결과 그래프,
 도 6은 가우시안 필터를 적용한 RSSI 결과 그래프,
 도 7은 Friis 공식을 통해 계산한 거리 값 결과 그래프,
 도 8은 Friis 공식에 의해 계산된 거리 그래프,
 도 9는 1차 캘리브레이션을 통해 보정된 거리 값 결과 그래프,
 도 10은 1차 캘리브레이션을 통해 보정된 거리 결과 그래프,
 도 11은 2차 캘리브레이션을 통해 보정된 거리 값 결과 그래프,
 도 12는 2차 캘리브레이션을 통해 보정된 거리 결과 그래프,

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 시스템의 구성을 구체적으로 설명

한다.

- [0018] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 시스템 구성을 도시한 블록도이다. 또한, 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 알고리즘의 순서도로서, 본 발명에 따른 본 발명 비콘 기반 실내 측위에서의 RSSI 보정 방법은 기본적으로 상술한 RSSI 보정 시스템 환경하에서 수행된다.
- [0019] 이와 같이 본 발명에 따른 시스템 및 방법은 카테고리의 차이가 있을 뿐 실질적으로 동일한 기술내용을 담고 있음에 따라 함께 설명하기로 한다.
- [0020] 먼저, 본 발명은 다수의 비콘(111)으로 이루어지는 비콘 노드(110)와, 상기 비콘(111)으로부터 RSSI 신호를 수신하는 스캐너 노드(120)를 구비한다.
- [0021] 상기 비콘(111)은 장소별 간섭과 잡음이 최소화될 수 있는 천장 그리고 벽과 각종 기기와 거리를 둔 위치에 설치되어 비콘신호를 송출하는 구성이다. 본 발명에서는 시스템의 실험을 위해 (주)퍼플즈에서 개발한 레코 비콘 (Reco Beacon)을 사용하여 RSSI 신호를 송출하며 동일 회사 제품인 비콘 스캔 및 관리 디바이스 RECO Manager Plus를 사용하여 제어하였다.
- [0022] 실시간으로 이동하는 대상과의 거리를 측정하기 위해 정보의 빠른 업데이트를 고려하여 송출 간격을 20ms로 설정하였으며, 지나치게 먼 거리의 측정값은 큰 오차로 인해 신뢰도가 낮으므로 거리를 50 내지 75m로 제한하였다.
- [0023] 신호 강도 역시 -63dBm(TxPower: 0dB) 내지 -71dBm(TxPower: -8dB)으로 설정하고, 데이터를 측정하고 이를 분석하기 위한 환경을 개발하기 위해 실험에 사용되는 비콘들만 따로 관리하기 위해 패킷에 담겨 전송되는 Major / Minor를 설정하되, 그룹 번호 역할을 하는 Major는 501로, 각각의 식별 번호 역할을 하는 Minor는 8831부터 8841 사이의 값으로 설정하였다.
- [0024] 도 3은 비콘 패킷 구조를 나타낸 개념도로서, 이러한 정보가 담겨 비콘으로부터 송신되는 패킷의 구조를 나타내고 있다.
- [0025] 송신되는 패킷에는 31 Byte의 Prefix Data를 담고 상기 스캐너 노드에서는 이러한 패킷을 비콘으로부터 수신하여 분석하였다. 단일 비콘에 대한 실험을 진행할 경우에는 MINOR를 비교하여 각각의 비콘을 구분하고 다수의 비콘에 대한 동시 실험을 진행할 경우에는 MAJOR를 비교하여 같은 그룹임을 확인 후 진행하였다.
- [0026] 도 4는 비콘 노드 및 스캐너 노드 설치 예상도로서, 측정 후 Path Loss 그래프와 비교하여 캘리브레이션 설정을 쉽게 하기 위해 각각의 비콘(111)은 위 스캐너 노드(120)와 n 미터 거리에 설치된다. 스캐너 노드(120)의 위치는 천장, 벽면 그리고 지상과 벽면으로부터 거리를 둔 어느 지점 등 여러 위치에서 각각 측정해본 후 가장 노이즈가 적은 곳으로 다시 선정하여 실험을 진행하였다.
- [0027] 상기 스캐너 노드(120)는 Raspberry Pi 2 B+를 사용하여 실험하였으며 USB 타입의 블루투스 모듈을 사용하여 비콘의 신호 패킷을 수신 후 분석 환경으로 전송하게 된다. 이때 신호 패킷으로부터 기기의 TxPower와 RSSI 값만 추출하여 분석 환경으로 전송하며, 본 발명에서 비콘(111)으로부터 전송받는 TxPower는 비콘과의 1m 거리에 있는 스캐너 노드에서의 RSSI 신호 세기를 의미한다.
- [0028] 실제 사용 환경에서 상기 스캐너 노드(120)는 라즈베리 파이가 아닌 사용자의 스마트 폰이 되며, 스마트폰마다 안테나의 형태와 수신율, 그리고 환경에 대한 노이즈가 다르므로 그대로 신뢰할 수는 없으므로, 본 발명에서는 1m 거리에서 측정된 RSSI 값을 활용하여 전송된 TxPower와 비교하여 최적화에 사용한다.
- [0029] 이러한 비콘 노드(110) 및 스캐너 노드(120)를 통해 첫 번째 단계인 설정된 실내공간의 천장 및 벽에 설치되는 다수의 비콘으로부터 스캐너 노드를 통해 RSSI 신호를 수신하는 스캐닝 단계(S 110)가 수행된다. 이때 수신되는 신호는 스캐너 노드(120)에서 측정 후 가공되지 않은 RSSI 신호로서 다음의 [표 1]은 거리별 Raw RSSI-Index 측정 데이터 일부로 거리별로 RSSI 값을 100회씩 측정한 결과의 일부이다.

표 1

[0030]

Index	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m
1	-54	-63	-72	-74	-71	-84	-80
2	-63	-63	-75	-74	-71	-84	-81
3	-62	-62	-66	-74	-72	-77	-81
4	-58	-68	-66	-73	-72	-84	-81

5	-54	-68	-65	-74	-72	-78	-81
6	-54	-68	-73	-73	-72	-84	-81
7	-63	-63	-75	-74	-72	-77	-81
8	-54	-68	-73	-74	-71	-76	-80
9	-54	-63	-73	-72	-72	-84	-81
10	-54	-62	-66	-74	-72	-84	-81
11	-63	-60	-72	-74	-71	-77	-81
12	-58	-60	-66	-74	-70	-83	-80
13	-54	-67	-66	-74	-72	-84	-80
14	-54	-63	-73	-74	-72	-83	-81
15	-63	-62	-72	-74	-71	-76	-81
16	-54	-63	-72	-74	-72	-84	-81
17	-63	-68	-66	-73	-72	-77	-77
18	-58	-62	-76	-74	-71	-84	-81
19	-58	-63	-73	-74	-72	-85	-80
20	-54	-68	-73	-73	-72	-77	-81

[0031] 도 5는 거리별 Raw RSSI-Index 측정 결과 그래프로서, 측정된 100개의 데이터를 그래프로 표현한 결과이다. 각각의 거리별 데이터는 보이는 바와 같이 일관된 규칙성을 보이지 않으며 대푯값을 산정하기에는 부족한 데이터이다.

[0032] 도 5의 그래프를 표로 요약한 결과는 다음 [표 2]와 같다.

표 2

[0033]

Raw RSSI-Index							
	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m
Max	-54	-60	-65	-72	-70	-76	-77
Min	-63	-68	-76	-75	-72	-86	-84
Mean	-58.22	-63.87	-71.67	-73.67	-71.47	-81.20	-80.58
Median	-58	-63	-73	-74	-72	-84	-81
Stdev	3.635	2.985	3.879	0.633	0.591	3.418	1.115

[0034] 다음으로, 상기 스캐너 노드(120)에서 수신된 RSSI 신호에 가우시안 필터를 적용하는 제1처리부(130)를 통해 두 번째 단계로 상기 스캐닝 단계에서 수신된 RSSI 신호에 가우시안 필터를 적용하는 제1처리 단계(S 120)가 수행된다.

[0035] 스캐닝 단계(S 110)의 Raw RSSI-Index 데이터는 표준 편차가 최대 3.879가 발생하여 작은 수치의 차이에도 거리 값 예상 결과가 크게 차이나는 Friis 공식에 대입하기 위한 대푯값을 선정하기에 무리가 있으므로 가우시안 필터를 적용하여 표준 편차를 줄이게 된다.

[0036] 가우시안 필터는 평균과 표준편차를 이용하여 데이터의 극적인 변화 및 오차를 완화하는 필터 중 하나로, 주로 영상처리에서 자주 쓰이며 2차원 가우시안 필터를 적용하여 이미지에 블러(Blur) 효과를 준다. 가우시안 분포는 평균을 중심으로 좌우 대칭으로 나타나며 좌우로 갈수록 서서히 줄어드는 형태로 나타난다.

[0037] [수학식 1]은 1차원 가우시안 필터 함수로, σ 는 표준 편차를 뜻한다. 본 발명에서는 이러한 가우시안 필터의 특성을 데이터의 오차를 줄이는데 사용한다.

수학식 1

[0038]

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

[0039] 도 6은 가우시안 필터를 적용한 RSSI 결과 그래프이며 다음의 [표 3]은 이를 요약한 결과이다.

표 3

RSSI_G-Index							
	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m
Max	-56.81	-61.93	-69.60	-72.75	-70.57	-79.64	-79.49
Min	-59.89	-65.29	-73.06	-74.95	-72.00	-83.31	-82.88
Mean	-58.21	-63.88	-71.13	-73.67	-71.47	-81.21	-80.58
Median	-58.17	-63.82	-71.06	-73.64	-71.51	-81.05	-80.49
Stdev	0.807	0.751	0.854	0.447	0.410	0.822	0.662

도 6을 보면 앞서 보였던 Raw RSSI-Index 데이터에 비해 편차가 비교적 감소하였음을 확인할 수 있다. 가우시안 필터를 적용한 데이터에 대한 요약 [표 3]에서는 최대 표준 편차가 0.854로 모든 거리에서의 편차가 1.0 미만으로 보정되었음을 알 수 있다.

다음으로, 가우시안 필터가 적용된 RSSI 신호를 스무딩 처리하는 제2처리부(140)를 통해 가우시안 필터가 적용된 RSSI 신호를 스무딩 처리하는 제2처리 단계(S 130)를 수행한다.

RSSI 값의 전체적 편차를 줄이기 위해 가우시안 필터를 사용한 후에는 동적인 장애물에 의한 잡음으로 인해 발생한 신뢰도가 떨어지는 노이즈를 완화하기 위해 스무딩 필터를 적용한다. 본 발명에서 동적인 장애물이란 실제 거리 측정 시 측정 공간 내 사람 혹은 사물의 움직임, 순간적인 외부 신호로부터의 간섭을 의미하며, 스무딩 필터는 RSSI 측정 시 직전 값을 어느 정도 반영함으로써 갑자기 큰 폭으로 변화하는 수치를 일정 비율 완화하는 역할을 수행한다. 스무딩 필터는 다음의 [수학식 2]와 같이 적용하였다

수학식 2

$$RSSI_{smooth} = (\alpha \times rssi_n + ((1-\alpha) \times rssi_{n-1}))$$

α 는 현재 측정한 RSSI 값을 적용할 비율을 의미하며, 다수의 실험 결과 75%가 적당한 비율이라 판단하여 본 발명의 스무딩 필터에 적용하였다.

다음으로, 스무딩 처리된 RSSI 신호를 Friis 공식을 통해 예상거리를 계산하는 연산부(150)를 통해 스무딩 처리된 RSSI 신호를 Friis 공식을 통해 예상거리를 계산하는 연산단계(S 140)를 수행한다.

앞서 진행한 가우시안 필터와 RSSI 스무딩 작업으로 인해 RSSI 신호가 신뢰할 만한 수준으로 보정됨에 따라 보정된 신호를 Friis 공식에 대입해 예상거리를 계산한다.

Friis 공식은 [수학식 3]으로 표현되며, 자유 공간에서 경로 손실에 따른 수신 신호 세기를 바탕으로 두 지점 사이의 거리(d)를 구할 수 있는 방정식이다.

수학식 3

$$P_r = P_t \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2}$$

여기서 좌변을 거리값으로 정리하면 [수학식 4]와 같이 표현되며, f=주파수(2.4Ghz), c=전파속도(3×10^8 m/s), L=경로 손실(dB), Weight=가중치를 의미한다.

수학식 4

$$d = \frac{c}{4\pi f} \cdot 10^{\frac{L}{10 \cdot Weight}} [m]$$

Friis 공식과 Path Loss값을 바탕으로 비콘 노드와 수신 노드 간의 거리를 측정한다. 이때 Friis 공식에서 Weight는 공간에 대한 가중치로 쓰이는데 일반적인 자유 공간에서는 2.0을 대입한다.

보정된 데이터를 바탕으로 거리 값을 계산한 결과는 도 7과 같다. 6m와 7m의 그래프에서 보이듯 작은 수치의 RSSI 변화로 거리 값을 연산한 결과의 오차는 큰 폭으로 나타난다. 따라서 각 거리 그래프의 대푯값으로 중앙값을 선정한다. 도 7을 요약한 결과는 [표 4]와 같다.

표 4

Calculated Distance							
	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m
Mean	0.458	1.108	2.563	3.421	2.652	8.178	7.587
Median	0.450	1.100	2.524	3.396	2.657	8.004	7.463
Stdev	0.064	0.099	0.257	0.165	0.111	0.796	0.599

[표 4]에서 중앙값(Median)이 각 거리별 계산 거리를 나타내는 대푯값을 의미하나 각 거리의 대푯값은 실제 거리와 적지 않은 차이를 나타내고 있다. 도 8은 [표 4]를 그래프로 나타내어 실제 거리와 1:1 비율을 따르는지 확인하는 그래프이다. 따라서 RSSI 값을 Friis 거리 공식에 대입하였을 때 실제 거리와 가까워지도록 계산된 거리값에 대한 보정 처리가 필요하다.

이에 예상거리의 캘리브레이션을 통해 실제거리를 산출하는 보정부(160)를 통해 예상거리의 캘리브레이션을 통해 실제거리를 산출하는 보정단계(S 150)를 수행하게 된다.

본 발명에서 상기 보정부(160)는 스캐너 노드(120)로 사용되는 수단의 안테나 수신율을 반영한 최적화를 진행하는 제1최적화부(161)와, 임의의 한 지점의 RSSI 값을 측정하여 Path Loss의 감쇄에 따른 가중치를 계산하는 가중치산출부(162)와, 상기 가중치를 적용하여 나머지 구간에 대해 최적화를 진행하는 제2최적화부(163)로 이루어지게 되며, 상기 보정단계(S 150)는 스캐너 노드로 사용되는 수단의 안테나 수신율을 반영한 최적화를 진행하는 제1최적화 단계(S 151)와, 임의의 한 지점의 RSSI 값을 측정하여 Path Loss의 감쇄에 따른 가중치를 계산하는 가중치산출 단계(S 152)와, 상기 가중치를 적용하여 나머지 구간에 대해 최적화를 진행하는 제2최적화 단계(S 153)로 이루어지게 된다.

이때 상기 가중치산출 단계는 1m 거리에서 측정된 RSSI 값을 활용하여 전송된 TxPower와 비교함으로써 가중치를 계산하게 되며, 요약하면 1m 거리에서의 RSSI 기준 값 선정, 앞서 사용한 Friis 공식에서의 가중치 설정이 이루어진다.

비콘의 패킷에는 1m에서의 RSSI 값이 TxPower 항목으로 정확한 값을 포함하고 있다. 본 발명에서는 -63dBm이 송신 파워에 해당하며 이 값이 1m에서 수신한 RSSI 값을 의미한다.

이런 오차가 발생하는 이유는 스캐너 노드의 안테나 수신율에 의한 차이가 크므로 결국 이 차이를 줄이기 위해 스캐너 노드의 안테나 수신율에 맞추어 캘리브레이션을 해야 한다.

따라서 제1최적화부(161)를 통해 수행되는 제1최적화 단계(S 151)는 1m 거리에서의 RSSI 기준 값 선정으로, 기준 값을 선정하여 캘리브레이션하는 방법은 이전 단계에서 보정한 1m 거리에서의 RSSI 중앙값을 TxPower에 대입한다.

본 발명에서의 실험에서는 그 값이 -58.172dBm으로 측정되었으므로, TxPower에 기존 -63dBm대신 -58.172dBm을 대입하였다.

도 9는 1차 캘리브레이션을 통해 보정된 거리 값 결과 그래프이며, 이를 요약한 결과는 [표 5]와 같다.

표 5

1 st Calibration Result							
	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m
Mean	0.993	1.935	4.468	5.964	4.624	14.257	13.226
Median	0.999	1.917	4.399	5.921	4.632	13.954	13.010
Stdev	0.112	0.164	0.448	0.288	0.194	1.389	1.045

[0065]

[0066]

[0067]

[0068]

1차 캘리브레이션의 목표에 맞게 1m에서의 대푯값은 약 1m를 나타낸다. 하지만 거리가 멀어질수록 오차도 더욱 커지고 있다. 도 10은 위의 [표 5]를 그래프로 나타내어 1m 외의 오차를 살펴는 결과 그래프이다.

캘리브레이션 적용전을 나타낸 도 8과 적용 후를 나타낸 도 10을 비교하면 RSSI 값의 1m 거리에서 시작점은 일치하지만 보정된 RSSI 값이 Path Loss에 따른 이상적인 그래프 (RSSI_Ideal) 보다 결과값이 그래프의 위쪽에 위치할 때 오차의 정도는 더욱 커지게 된다. 이유는 Friis 거리 공식이 RSSI에 비례하는 지수 그래프이기 때문으로, 이에 따라 오차를 허용하지만 보정된 RSSI 값이 RSSI_Ideal 값보다 작은 값을 가질 때 거리로 환산했을 때 발생하는 오차가 더욱 작음을 예상할 수 있다.

Path Loss는 전파가 송신 노드에서 3차원의 공간상으로 확산되면서 발생하는 손실로, 확산거리가 멀어질수록 손실은 점점 커진다. [수학식 5]와 같이 계산되며, 여기서 P_t 는 수신시간 거리에 따른 송신전력이고, P_r 은 송신시간 거리에 따른 수신 전력으로 앞서 서술한 Friis 공식에 의해 유도된다.

수학식 5

$$PL[dB] = 10 \log \left(\frac{P_t}{P_r} \right)$$

[0069]

[0070]

그러므로 환산된 거리값에 나타나는 오차를 최소화하기 위해 Friis 공식의 가중치를 최적화 하는 것이다. 즉 이 지점의 RSSI 값은 Path Loss의 감쇄에 따른 이상적인 RSSI-거리 그래프에 근접하도록 가중치를 계산하는데 사용되며 이를 적용하여 나머지 구간에 대해 최적화를 진행하는 것이다.

[0071]

도 11은 2차 캘리브레이션을 통해 보정된 거리 값 결과 그래프로, 이러한 2차 캘리브레이션을 통해 찾아낸 가중치를 거리 공식에 적용하여 보정한 결과이다. 도 11의 그래프를 표로 요약한 결과는 다음 [표 6]과 같다.

표 6

2 nd Calibration Result							
	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m
Mean	0.978	1.552	2.710	3.288	2.775	5.874	5.589
Median	0.999	1.543	2.685	3.273	2.779	5.796	5.532
Stdev	0.095	0.088	0.180	0.105	0.078	0.376	0.288

[0072]

[0073]

1차 캘리브레이션을 거친 후 2차 캘리브레이션을 진행하였으므로 1m에서의 대푯값은 여전히 약 1m를 나타낸다. 또한, 나머지 거리에 대한 오차도 1차 캘리브레이션 결과에 비해 줄어들었음을 알 수 있다.

[0074]

도 12는 2차 캘리브레이션을 통해 보정된 거리 결과 그래프로, 위의 [표 6]을 그래프로 나타내어 본 연구의 최종 목적인 캘리브레이션 최적화를 달성함을 확인할 수 있다.

[0075]

본 발명의 권리는 위에서 설명된 실시 예에 한정되지 않고 청구범위에 기재된 바에 의해 정의되며, 본 발명의 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 청구범위에 기재된 권리범위 내에서 다양한 변형과 개작을 할 수 있다는 것은 자명하다.

부호의 설명

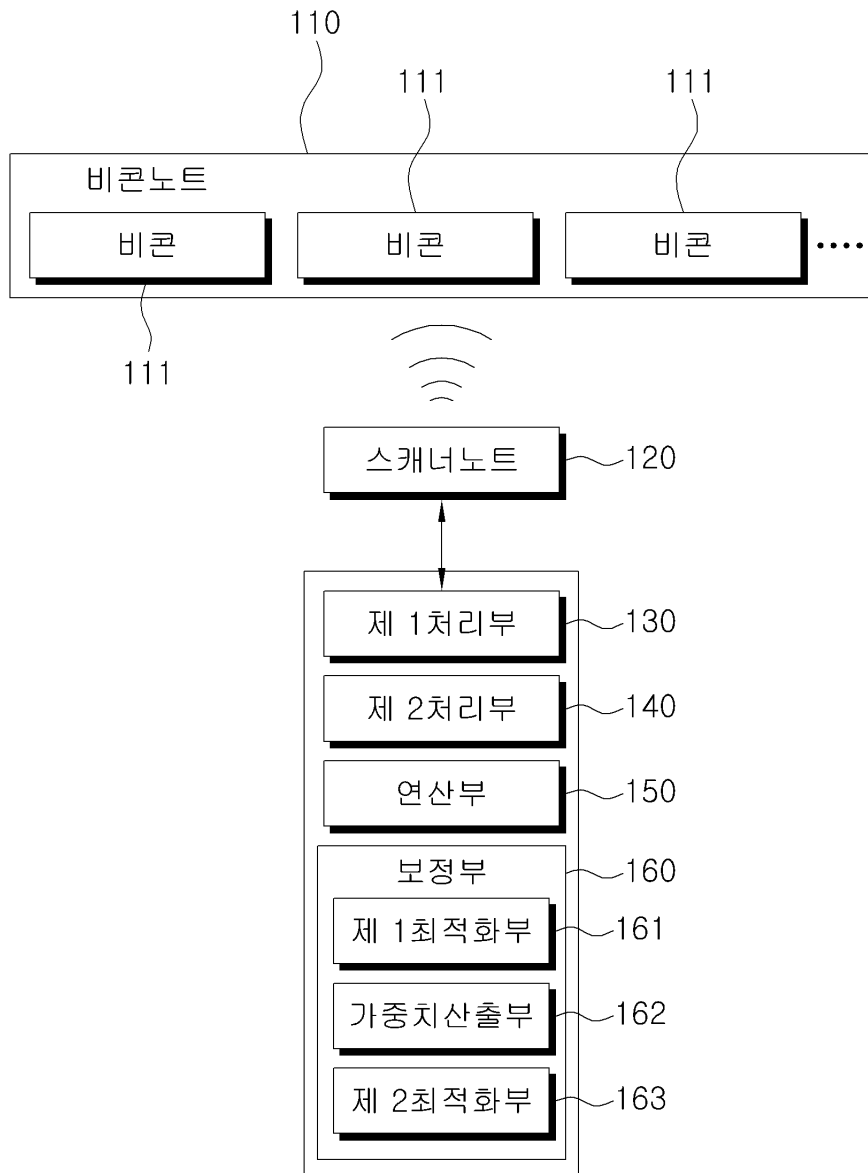
[0076]

110: 비콘 노드 111: 비콘

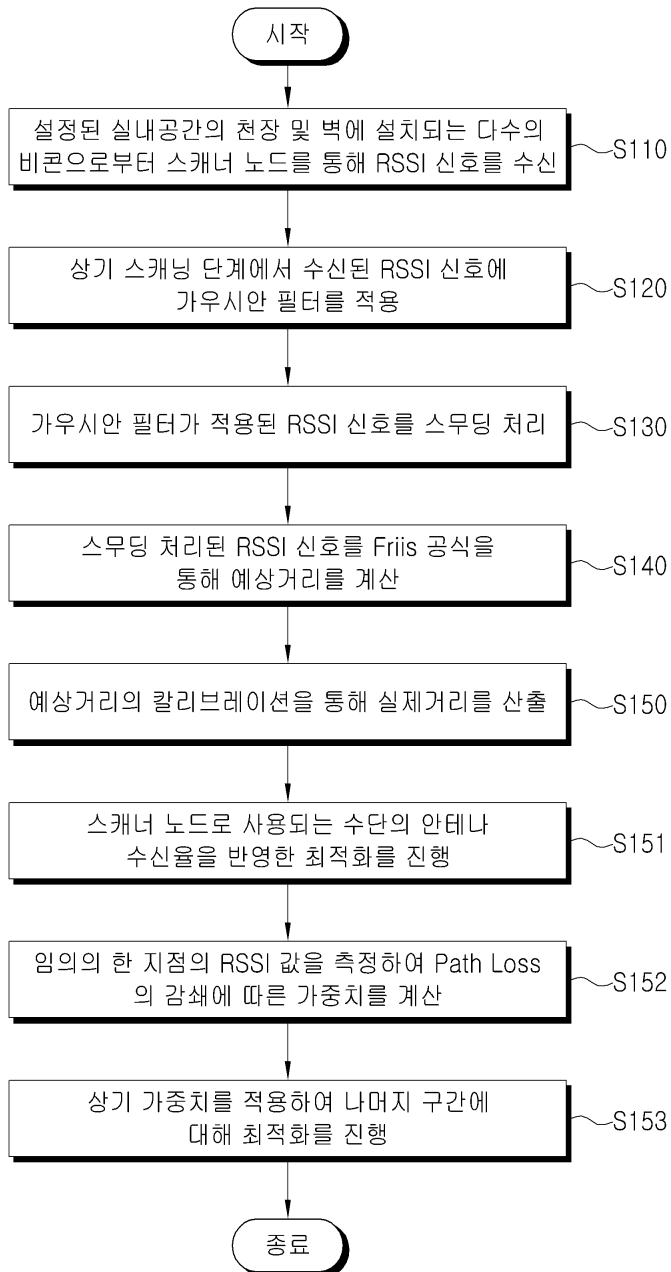
120: 스캐너 노트 130: 제1처리부
 140: 제2처리부 150: 연산부
 160: 보정부 161: 제1최적화부
 162: 가중치산출부 163: 제2최적화부

도면

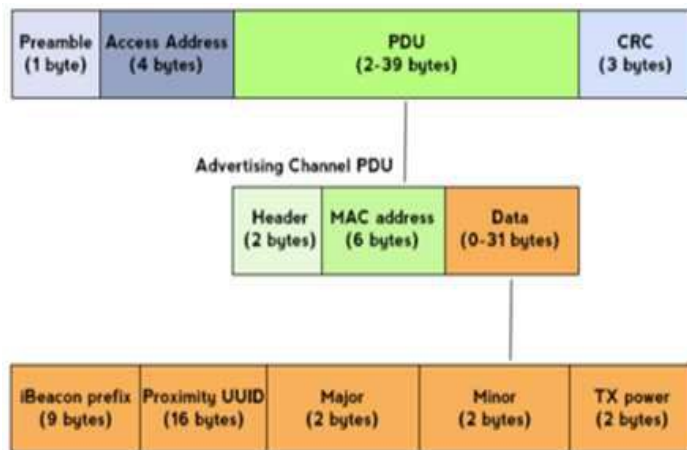
도면1



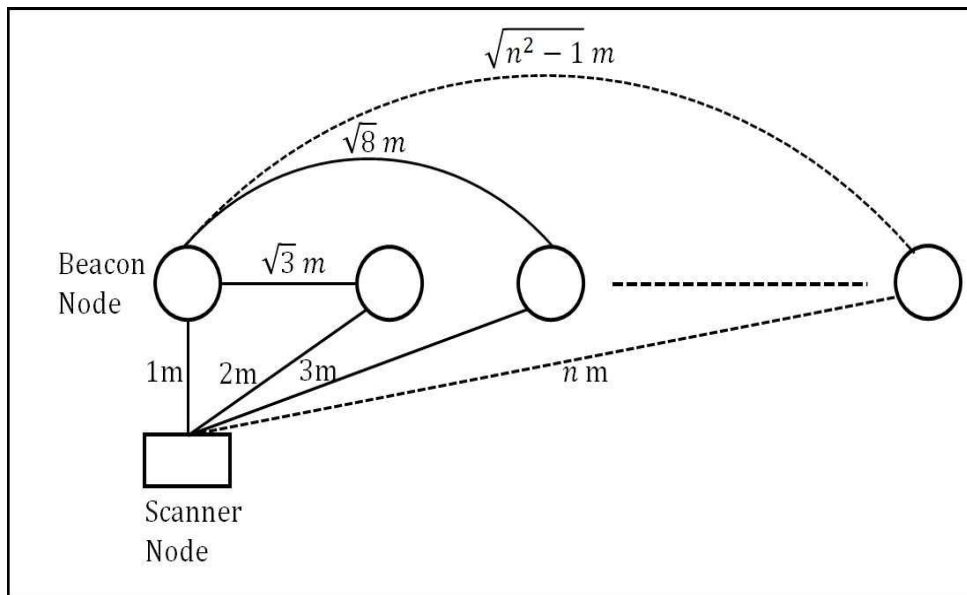
도면2



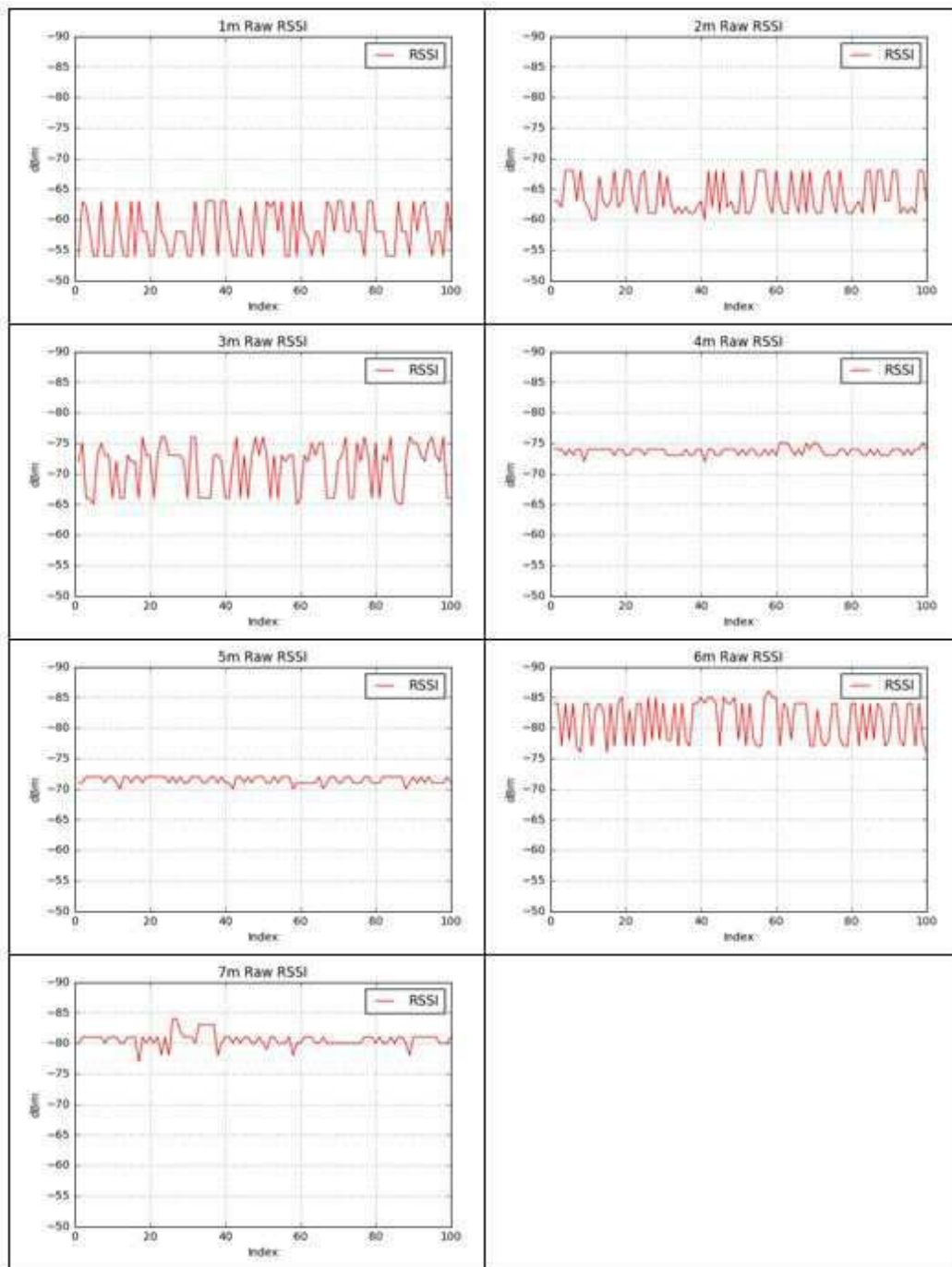
도면3



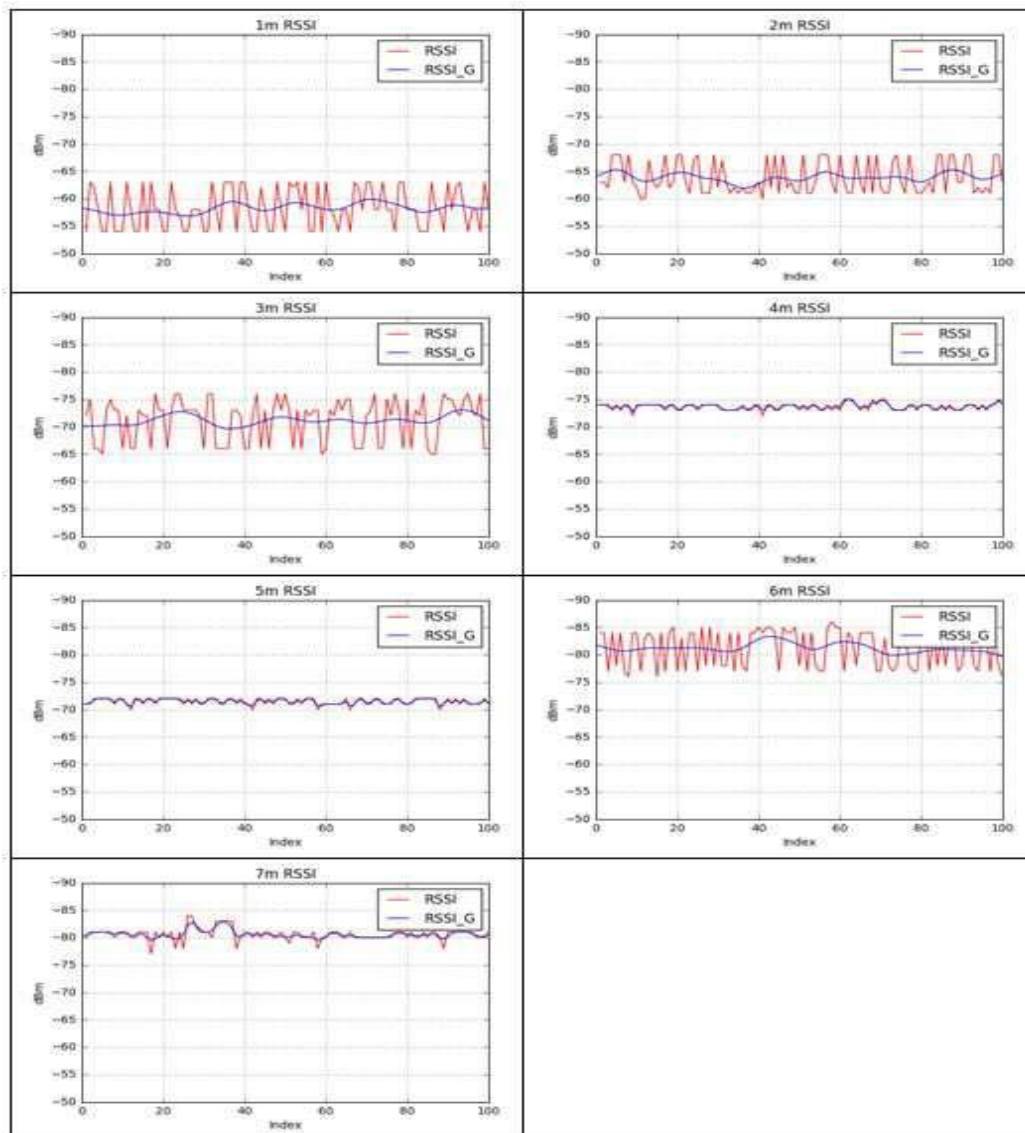
도면4



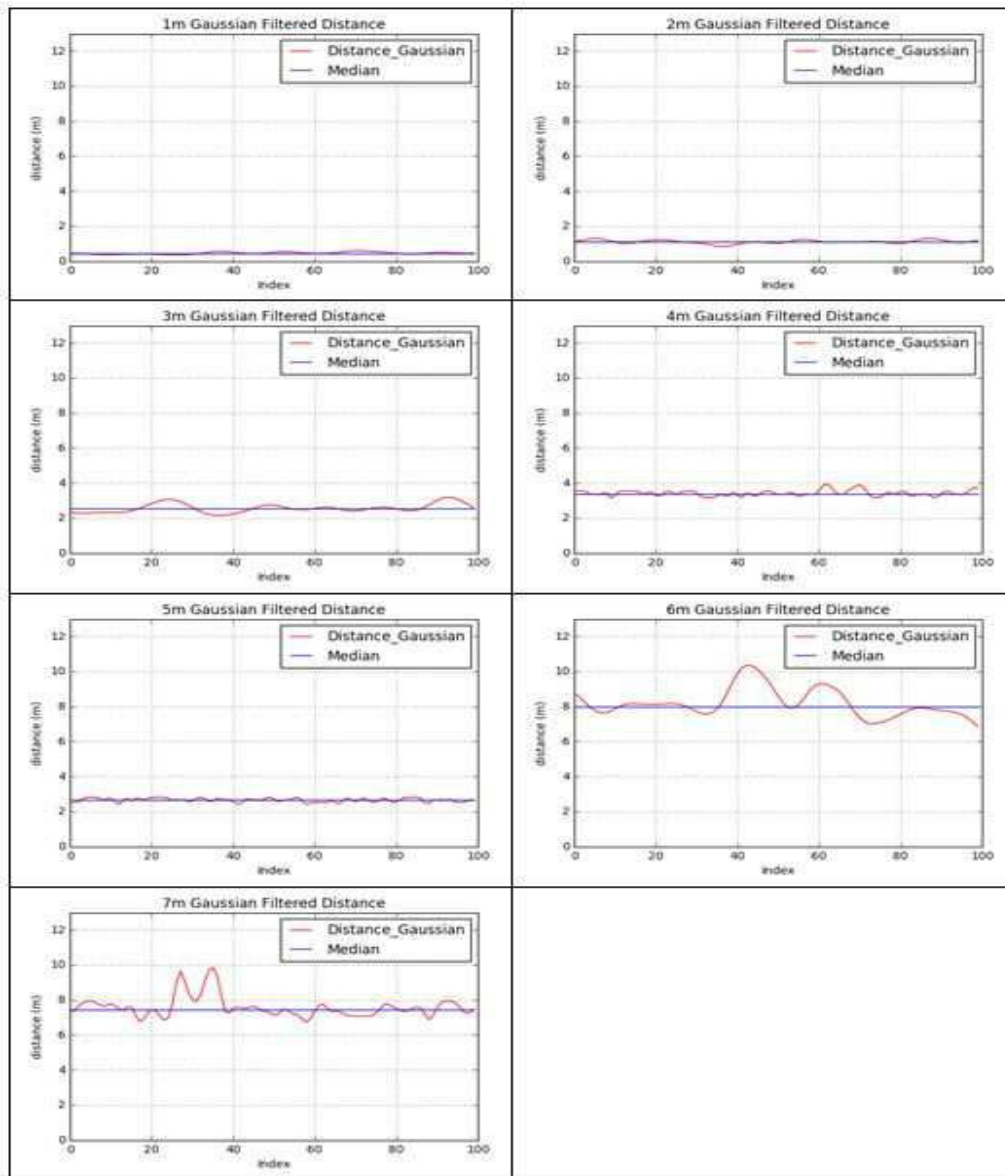
도면5



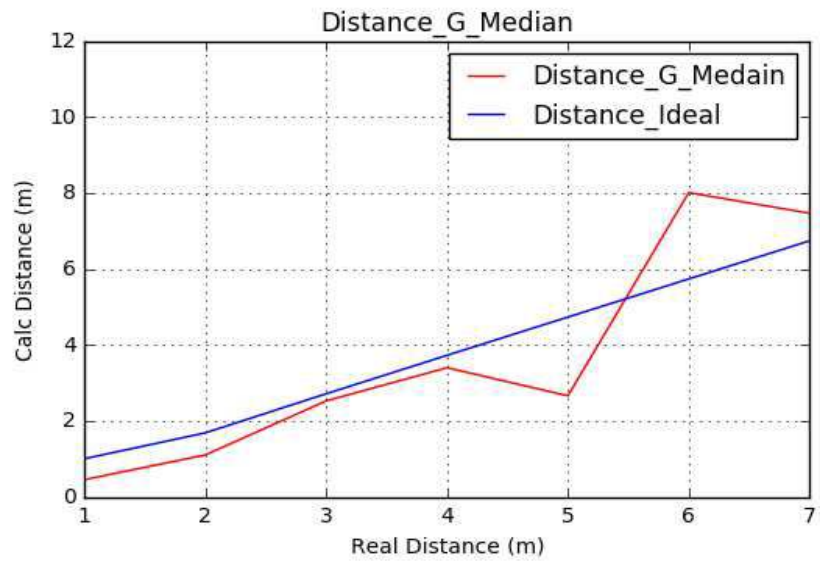
도면6



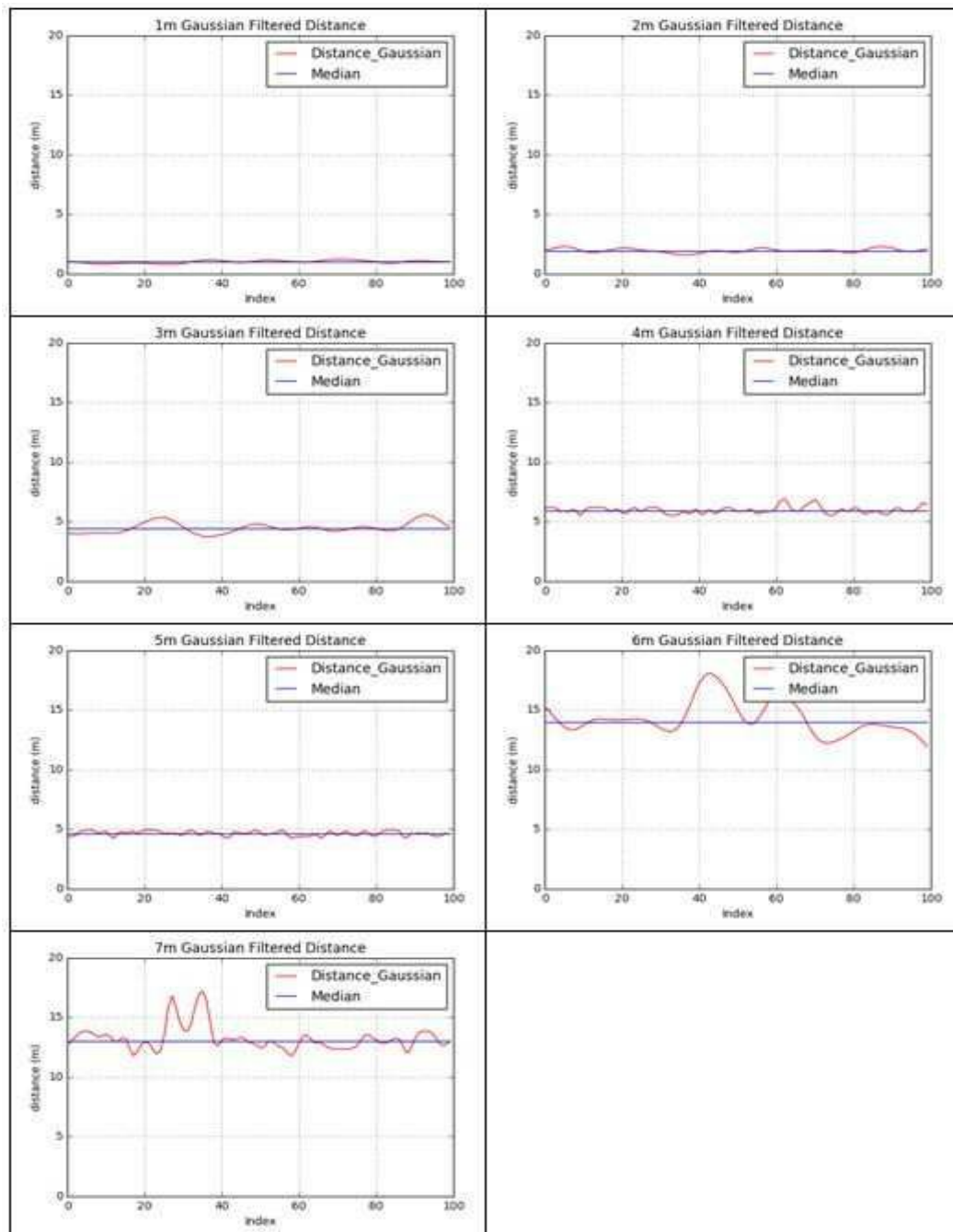
도면7



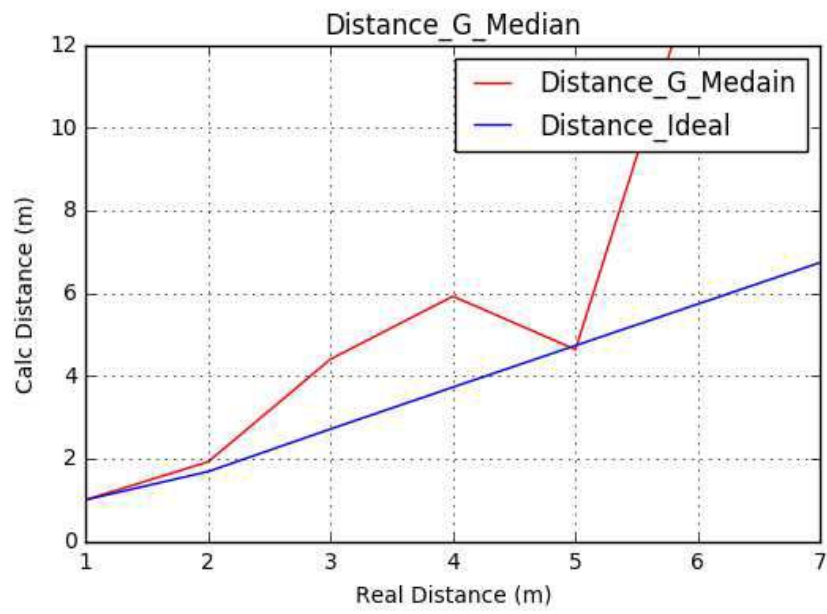
도면8



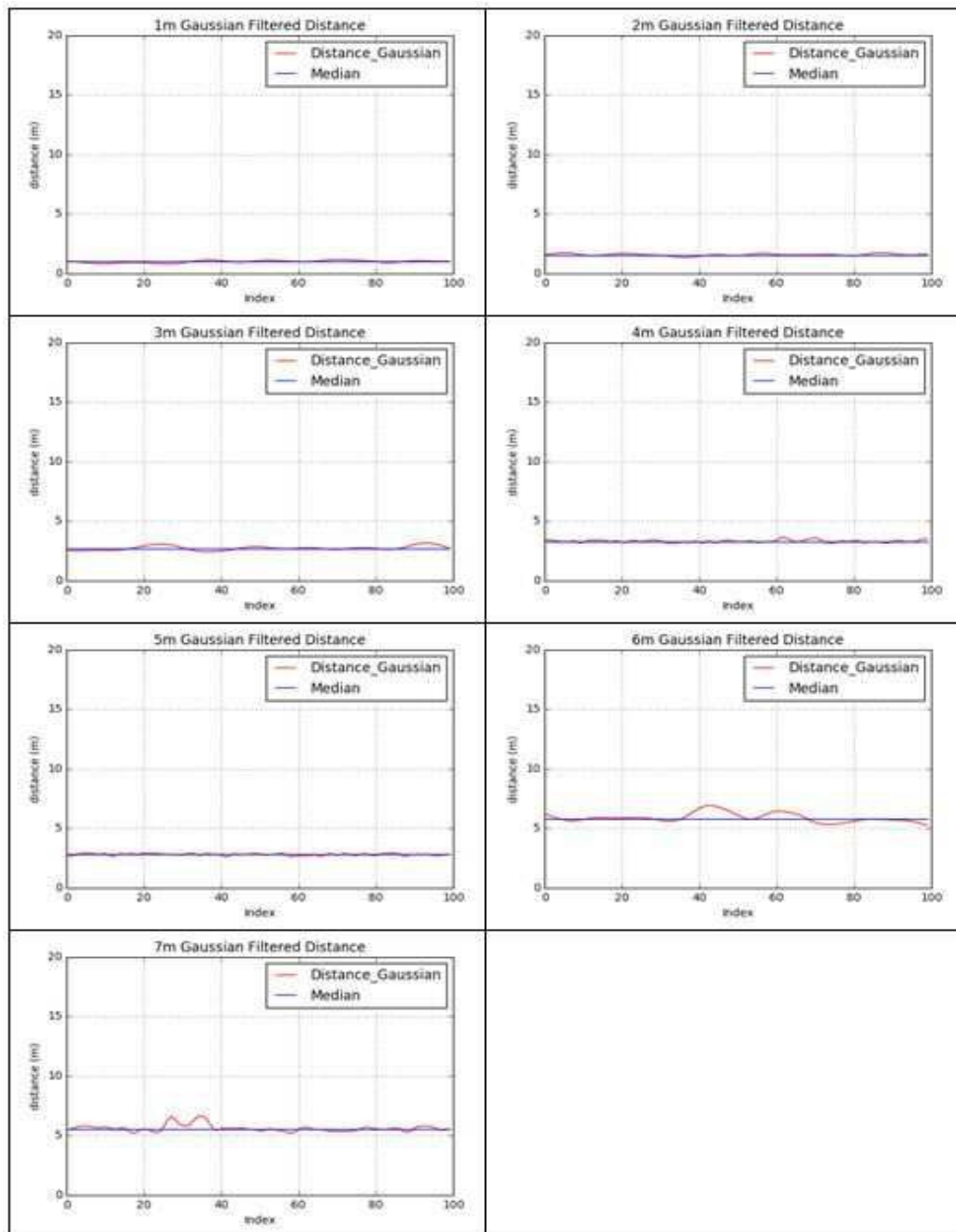
도면9



도면10



도면11



도면12

