





2019년 2월

석사학위논문

실내 무선측위를 위한 IR-UWB 안테나 설계

조선대학교 대학원

정보통신공학과

유 호 균



실내 무선측위를 위한 IR-UWB 안테나 설계

Design of IR-UWB Antenna for Indoor Wireless Positioning

2019년 2월 25일

조선대학교 대학원

정보통신공학과

유 호 균





실내 무선측위를 위한 IR-UWB 안테나 설계

지도교수 최동유

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2018년 10월

조선대학교 대학원

정보통신공학과

유 호 균





유호균의 석사학위논문을 인준함

위욱	신장	조선대학교	교 수	최광석	(인)
위	원	조선대학교	교 수	<u>권 구 락</u>	(인)
위	원	조선대학교	교 수	<u>최 동 유</u>	(인)

2018년 11월

조선대학교 대학원





목 차

표 목 차iii
그 림 목 차
ABSTRACT vi
제1장서 론1
제 2 장 이론적 배경
제 1 절 IR-UWB 레이더 시스템
1. UWB 기술 개요 ······3
2. IR-UWB 기술 특징
제 2 절 IR-UWB 안테나
1. 광대역 안테나 유형6
2. 진행파 안테나 유형
3. 안테나 특성과 파라미터
제 3 절 IR-UWB 레이더 신호처리 과정
1. Raw data 수신
2. 배경 차분 과정
3. 신호 감쇄 보상
4. 검출 과정
5. 2차원 위치 좌표 측정
제 3 장 IR-UWB 안테나 설계 및 시뮬레이션
제 1 절 준-야기 안테나
1. 준-야기 안테나 설계





2. 준-야기 안테나 시뮬레이션 분석	20
제 2 절 테이퍼드 슬롯 안테나	24
1. 테이퍼드 슬롯 안테나 설계	24
2. 테이퍼드 슬롯 안테나 시뮬레이션 분석	26

제4장 IR-UWB 안테나 제작 및 측정31
제1절 준-야기 안테나 제작 및 측정31
제2절 테이퍼드 슬롯 안테나 제작 및 측정34
제3절 제안한 안테나의 실내 무선측위 분석
1. 1차원 좌표에서 실내 무선측위 분석41
2. 2차원 좌표에서 실내 무선측위 분석43

제 5 장 결 론	•••••	45
-----------	-------	----

참	고	문	헌		47
---	---	---	---	--	----





표 목 차

표 3-1. 준-야기 안테나 상세 변수
표 3-2. 제안한 준-야기 안테나 임피던스 대역폭 시뮬레이션 결과
표 3-3. 제안한 준-야기 안테나 이득 시뮬레이션 결과
표 3-4. 테이퍼드 슬롯 안테나 상세 변수
표 3-5. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 이득 시뮬레이션 결과
표 4-1. 제작한 준-야기 안테나와 기존 준-야기 안테나 특성 비교34
표 4-2. 제작한 테이퍼드 슬롯 안테나와 기존 테이퍼드 슬롯 안테나 특성 비교
표 4-3. 상용 비발디 안테나 제원
표 4-4. NVA-R661 모듈 제원 ······40
표 4-5. 제안한 안테나와 상용 안테나의 RMSE 비교43





그 림 목 차

그림 2-1. 기존 무선전송 시스템과 UWB 시스템 대역폭 비교	
그림 2-2. 국내 UWB 주파수 분배	······4
그림 2-3. IR-UWB 레이더 시스템 거리 측정 방법	6
그림 2-4. 대수주기 안테나 예시	7
그림 2-5. 프랙탈 안테나 예시	7
그림 2-6. 보우 타이 안테나 예시	
그림 2-7. 혼 안테나 예시	9
그림 2-8. 테이퍼드 슬롯 안테나 종류	9
그림 2-9. 테이퍼드 슬롯 안테나 전자기파 구성	10
그림 2-10. 안테나 임피던스 대역폭 정의	11
그림 2-11. 안테나 패턴 특성	······ 12
그림 2-12. IR-UWB 레이더 신호처리 과정	······ 12
그림 2-13. 1개 프레임의 수신 신호를 k개의 Block으로 나눈 모습	······ 14
그림 2-14. 클린 알고리즘 순서도	
그림 2-15. 2차원 좌표 무선측위	
그림 3-1. 제안한 준-야기 안테나 구조	
그림 3-2. 제안한 준-야기 안테나 설계 과정	
그림 3-3. 제안한 준-야기 안테나 시뮬레이션 결과	
그림 3-4. 제안한 준-야기 안테나 전류 분포 시뮬레이션 결과	
그림 3-5. 제안한 준-야기 안테나 방사패턴 시뮬레이션 결과	23
그림 3-6. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 구조	······ 24
그림 3-7. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 설계 과정	······ 25
그림 3-8. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 이득 시뮬레이션 결과	
그림 3-9. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 임피던스 대역폭 시뮬레이션 결	과 … 27









ABSTRACT

Design of IR-UWB Antenna for Indoor Wireless Positioning

Ho-Gyun Yu Advisor: Prof. Dong-You Choi, Ph.D. Dept. of Inform. & commun. Eng., Graduate School of Chosun University

The IR-UWB radar is an immerging technology to improve the existing indoor wireless positioning systems by allowing accurate location tracking within cm range in low-cost and low-power consumption. In this paper proposes antennas for IR-UWB radars and applies them to NVA-R661 modules to verify their usefulness.

The proposed antenna is a quasi-Yagi antenna and tapered slot antenna. The quasi-Yagi antenna is fabricated on a TRF-45 substrate with a dielectric constant of 4.5, a loss tangent of 0.0035, and a thickness 0.61 mm. The proposed quasi-Yagi antenna satisfies VSWR ≤ 2 within 5.03 ~ 9.39 GHz band, achieving a wide impedance bandwidth of 4.36 GHz. The antenna gain is measured to be 4.91 dBi, 5.41 dBi, 5.68 dBi, 6.46 dBi and 5.08 dBi in 5, 6, 7, 8 and 9 GHz frequency respectively.

Tapered slot antenna was fabricated on a TRF-45 substrate with a dielectric constant of 4.5, a loss tangent of 0.0035, and a thickness 1.62 mm. The fabricated tapered slot antenna satisfies VSWR ≤ 2 within 4.45 ~ 12.03 GHz band, achieves a wide bandwidth of 7.58 GHz. The antenna gain is measured to







be 6.76 dBi, 7.50 dBi, 7.38 dBi, 7.59 dBi and 8.92 dBi in 5, 6, 7, 8 and 9 GHz frequency respectively.

To verify the practicality of the proposed antenna, signal processing was analyzed in terms of background subtraction, signal attenuation compensation, and detection. The RMSE of the quasi-Yagi antenna is 6.7764 and the RMSE of tapered slot antenna is 6.7474.





Collection @ chosun

제1장서론

최근에는 위치 추적 표적의 범위가 항공기, 건물, 선박 등과 같은 대형 물체 에서 차량, 사람, 소형 물품과 같은 작은 크기로 축소가 되었다. 실외 환경에서 는 이러한 소형 물체를 찾는 시스템으로 GPS (Global Positioning System)와 글로벌 항법 위성 시스템(GNSS: Global Navigation Satellite System) 등이 존 재 하지만 실내 위치 추적 분야에서는 현재 확실한 해결책이 제시되지 않고 있 다.[1]

IR-UWB (Impulse Radio Ultra Wide Band) 기술은 저비용과 저소비 전력으 로 실내에서 cm 단위의 정확한 위치 추적을 가능하게 함으로써 기존의 실내 감시 시스템을 개선 할 것으로 기대된다. 미국의 연방통신위원회(FCC: Federal Communications Commission)는 근거리 통신, 위치 추적, 관통 레이더 및 거리 측정 시스템과 같은 시스템을 2002년 2월에 민간용 법규를 폐지하여 사용하고 있다.[2][3]

IR-UWB 기술은 임펄스 신호를 이용하여 송신 신호가 목표물에 반사되어 들어오는 수신 신호의 시간차를 계산하여 목표물의 위치를 탐지하는 방식이다. 그러나 목표신호를 제외한 여러 배경 신호가 섞여서 수신되므로 목표물의 수신 신호를 제외한 신호들은 배경 잡음으로 작용하게 된다. 이 배경 잡음은 목표물 검출을 방해하기 때문에 위치 추적에 있어 많은 문제를 발생시키며, 배경 잡음 을 효과적으로 제거하기 위해 신호처리 과정을 통하여 목표물 신호를 검출한 다.

본 논문에서는 IR-UWB 안테나를 설계하고 시뮬레이션을 통하여 분석하였 으며, 이를 기반으로 제작한 안테나의 특성을 측정하여 그 타당성을 확인하였 다. 제안한 IR-UWB 안테나의 실용성을 검증하기 위해 NVA-R661 상용모듈에 적용하여 신호처리 과정을 통해 목표물의 위치 정보를 비교·분석하였다. 신호



처리 과정은 배경 차분, 신호 감쇄 보상, 검출 과정 순이다.

논문의 구성은 2장에서 IR-UWB 시스템 및 IR-UWB 안테나와 신호처리에 대한 이론을 서술하였으며, 3장에서는 HFSS (High Frequency Structure Simulation) 프로그램을 통하여 안테나를 설계 및 시뮬레이션 하여 검증 하였 다. 4장에서는 3장에서 얻어진 시뮬레이션을 기반으로 안테나를 실제 제작 및 측정하였으며, NVA-R661 모듈에 적용하여 실내 무선측위의 실용성을 검증하 고, 5장에서 연구 결과에 대한 결론을 맺는다.





제 2 장 이론적 배경

제 1 절 IR-UWB 레이더 시스템

1. UWB 기술 개요

UWB 기술은 짧은 펄스를 이용해서 신호를 광범위 대역으로 확산시키고 신 호의 레벨을 낮춰 기존의 무선통신 시스템과 주파수 대역을 공유할 수 있는 무 선통신 기술이다. UWB 기술은 미국 국방부가 군사적 목적으로 개발한 무선기 술로써 근거리 무선 데이터 전송을 위해 수 따의 대역폭을 가지며, 100 Mbps 에서 1 Gbps의 초고속 전송속도를 가지는 초 광대역 시스템으로 정의된다. UWB 신호는 기존의 시스템들과 구별하기 위하여 중심주파수의 25% 이상의 비 대역폭을 갖거나, 1.5 Gbz 이상의 점유 대역폭을 갖는 무선통신 기술로 정의 된다.[1]



그림 2-1. 기존 무선통신 시스템과 UWB 시스템 대역폭 비교





미국 연방통신위원회에서 정한 UWB 허가 기준은 3.1 础 ~ 10.6 础의 주파 수 대역에서 -41.3 dBm/地의 잡음강도와 상대적 대역폭이 20% 이상 이거나 500 地 이상의 주파수 대역폭을 만족하도록 하고 있다.[4]

그림 2-2와 같이, FCC에서는 각 주파수 별로 UWB의 출력 신호 크기를 제 한을 두고 있으며, 국내의 경우 허가 대역과 비 허가 대역을 나누어 제한하고 있다. 국내의 경우 UWB 주파수를 3.1 대 ~ 4.1 대 대역과 7.2 대 ~ 10.2 대 대역으로 정의한다. 저주파수 대역에서는 기존 이용 주파수 및 차세대 이동통 신 주파수와의 간섭을 고려하여 간접회피기술인 DAA (Detection and Avoid) 를 적용한 UWB 시스템만이 사용 가능하며, 실내·외에서 통신용도로 허용하 는 것을 주요 내용으로 하였다.[5]



그림 2-2. 국내 UWB 주파수 분배





2. IR-UWB 기술 특징

IR-UWB 기술은 다른 협대역 신호 기술과 비교하여 다음과 같은 특징들을 갖는다.

첫째, 임펄스 신호를 사용하기 때문에 펄스의 크기가 매우 짧아 정밀한 측정 이 가능하고 많은 정보를 포함할 수 있으며, 일반적인 레이더에 비해 주변 환 경에 영향이 적다.

둘째, 데이터를 빠른 속도로 전송이 가능하다. 식 2-1과 같이 채널 용량은 대 역폭과 신호 대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio)에 비례하며, UWB의 대역 폭이 수 印에 해당하는 초 광대역이므로 1Mb 폭에서 수십 Mb에 해당되는 기존 의 휴대전화 및 무선 LAN의 속도보다 빠르게 전송이 가능하다.[6]

$$C = B \log_2 \left(\frac{S}{N}\right) \tag{2-1}$$

여기서, C는 채널 용량 (bits/s), B는 대역폭 (Hz), S/N은 신호 대 잡음비 (V) 이다.

셋째, 매우 짧은 ns 단위의 펄스를 이용하기 때문에 투과성이 뛰어나 cm 단 위의 정밀한 거리 분해능이 가능하다.

넷째, UWB 기술은 변조된 신호를 사용하기 때문에 낮은 에너지 밀도로 잡음과 같은 특성을 가지고 있어 보안성이 매우 뛰어나다.[7]

IR-UWB 레이더는 임펄스 신호를 방사하고 인체나 물체에 부딪혀 들어오는 신호를 수신한다. 이 과정에서 송수신간의 시간차를 이용하여 목표물의 유무와 거리를 탐지할 수 있으며, 식 (2-2)와 같다.

$$R = \frac{ct}{2} \tag{2-2}$$



여기서, R은 물체와의 거리, c는 빛의 속도, t는 송·수신간의 시간차이다.[8] IR-UWB의 목표물 거리 측정 방법은 그림 2-3과 같다.



그림 2-3. IR-UWB 레이더 시스템 거리 측정 방법

제 2 절 IR-UWB 안테나

1. 광대역 안테나 유형

Collection @ chosun

광대역 안테나는 프랙탈 안테나(fractal antenna)[9], 보우 타이 안테나 (bow-tie antenna)[10], 스파이럴 안테나(spiral antenna)[11], 대수주기 안테나 (log-periodic antenna)[12] 등이 있다. 광대역 안테나는 상호 보완적인 구조와 자기 유사 구조를 가지는 안테나를 구성 할 때 넓은 대역폭을 갖는 안테나로 구현할 수 있다.[13][14]

그림 2-4와 같이, 대수주기 안테나는 여러 안테나 요소 사이에 일정한 주기 를 가지며 서로 다른 길이의 요소를 통해 다중 공명을 형성하여 넓은 주파수 대역을 구현한다.[15]





프랙탈 구조는 자연계에서 반복적으로 생성되는 구조와 유사하며, 전체적으 로 자기 유사성을 특징으로 한다. 프랙탈 구조는 그림 2-5와 같다.



그림 2-5. 프랙탈 안테나 예시

프랙탈 안테나는 시어핀스키 카펫(sierpinski carpet) 구조, 코크 곡선(koch curve) 구조, 시어핀스키 가스켓(sierpinski gasket) 구조를 포함하여 반복되는 유사한 구조를 가지고 있어 다중 공진을 갖는다.

보우 타이 안테나는 선형 다이폴 안테나와 유사한 방사패턴을 갖는다. 보우 타이 안테나의 구조는 그림 2-6과 같다.[9]







보우 타이 안테나는 넓은 동작 주파수 때문에 광대역 시스템에서 주로 사용 된다.

2. 진행파 안테나 유형

진행파 안테나(travelling wave antenna)에는 테이퍼드 슬롯 안테나(TSA: tapered-slot antenna), 유전체 로드 안테나(dielectric rod antenna), 혼 안테나 (horn antenna)가 있다. 이러한 안테나는 UWB 시스템에 우수한 성능을 제공 하며, 전파 경로에서 송신 및 수신 펄스 사이의 왜곡이 적다. 혼 안테나는 일반 적으로 안테나 패턴 또는 지상 침투 레이더 어플리케이션을 측정하는데 사용되 며 50 ~ 180 %의 넓은 대역폭을 갖는다.[14]

그림 2-7과 같이, 혼 안테나의 일반적인 구조는 피라미드형 또는 원추형이다.









(a) 피라미드형 혼 안테나 구조 (b) 원추형 혼 안테나 구조 그림 2-7. 혼 안테나 예시

테이퍼드 슬롯 안테나는 주로 UWB 레이더 시스템에 사용된다. 테이퍼드 슬 롯 안테나는 전형적으로 동판을 사용하여 기판상의 테이퍼 형상으로 제작된다. 테이퍼드 슬롯 안테나는 LTSA (Linear Tapered Slot Antenna), CWTSA (Constant-Width Tapered Slot Antenna), BLTSA (Broken Linearly Tapered Slot Antenna), 비발디 안테나(vivaldi antenna)가 있다. 이러한 테이퍼드 슬롯 안테나 안테나는 125 ~ 170 %의 넓은 대역폭을 갖는다.





테이퍼드 슬롯 안테나에서 표면파는 안테나 기판을 따라 전파되어 엔드-파이 어의 진행파 특성을 나타낸다. 그림 2-9와 같이 전자장은 테이퍼 형 구조를 따 라 이동하고 기판 끝에 분리되어 방사된다. 그러므로 테이퍼드 슬롯 안테나의 E면은 수평면(x-y)으로 기판에 평행하게 방사되고, H면은 수직면(x-z)으로 방 사된다.[16]



3. 안테나 특성과 파라미터

안테나 성능을 평가하기 위한 주요 파라미터는 안테나의 특성과 기능의 정보 를 제공한다.

첫째, VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)과 입력 임피던스가 있다. 1포 트 회로의 안테나 성능은 소스와 안테나 사이에 임피던스 부정합으로 인해 반 사되는 신호의 양으로서 반사계수 Γ 로 표현된다. VSWR과 반사손실(RL: Return Loss)은 다음과 같다.[17]

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \tag{2-3}$$

- 10 -





$$RL[dB] = -20\log|\Gamma| \tag{2-4}$$

최적 VSWR은 |*Γ*| = 0, VSWR = 1 일 때이다. 이것은 모든 전력이 안테나 로 전송이 되고 반사가 일어나지 않는 것을 의미한다. 안테나의 임피던스 대역 폭 정의는 그림 2-10과 같다.



그림 2-10. 안테나 임피던스 대역폭 정의

따라서 안테나 임피던스 대역폭은 VSWR≤2로 정의되며, 입력전력이 약 11 %가 반사되는 값이다.

둘째, 반치전력 빔폭(HPBW: Half-Power BeamWidth)이 있다. 반치전력 빔 폭은 최대 방사 크기가 절반 이하이거나 3 dB 이하로 떨어지는 지점으로 정의 되며, 부엽레벨(SLL: SideLobe Levels)은 주엽의 최댓값 아래 dB로 표현된다. HPBW와 SLL은 그림 2-11과 같다.[18]







제 3 절 IR-UWB 레이더 신호처리 과정

IR-UWB 레이더 신호처리 과정은 그림 2-12와 같으며, 이와 같은 과정을 통해 물체의 거리를 측정하게 된다.



그림 2-12. IR-UWB 레이더 신호처리 과정

1. Raw data 수신

IR-UWB 레이더에서 방사되어 물체에 부딪혀 반사되어 수신된 신호는 목표 물의 신호뿐만 아니라 주변 환경으로 인한 클러터 신호와 잡음 신호가 함께 수 신된다. 이때 *i*번째에 수신된 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.





$$r_i = r_{c,i} + r_{t,i} + r_n \tag{2-5}$$

여기서, *r_i는 i*번째 수신된 신호이며, 수신된 신호는 클러터신호 *r_{ci}와* 목표물 의 신호 *r_{t,i}* 그리고 노이즈*r_n*으로 구성되어있다. 감지된 물체를 정확하게 탐지하 기 위해서는 클러터 신호와 노이즈 신호를 효과적으로 제거해야 한다.[19]

2. 배경 차분 과정

Raw data 수신 과정으로부터 얻어진 데이터에서 클러터 신호를 제거하는 과 정을 배경 차분 과정이라고 한다. 이 배경 차분 과정에서 특이값 분해를 통하 여 *r*_{t,i}를 구할 수 있다.[19]

n개로 수신된 신호는 $R(t) = [r_1, r_2, ..., r_n]^t$ 로 매트릭스 R(t)를 형성할 수 있다. 또한 n개로 수신 신호 R(t)는 클러터 신호 $R_c(t)$ 와 목표물 신호 $R_T(t)$, 노이즈 N으로 분리시킬 수 있다.

$$R(t) = R_t(t) + R_c(t) + N$$
(2-6)

클러터 신호를 제거하기 위해서는 R(t)를 특이값 분해를 통해 $R(t)=USV^T$ 로 분해한다.

$$[U, S, V] = SVD(R(t)) \tag{2-7}$$

위 식에서 U는 m × m 크기의 직교행렬, V는 n × n 크기의 직교행렬, S는 m × n의 대각행렬의 집합을 나타낸다. 위 식으로 얻은 R(t)값을 'Low Rank Approximation'을 이용하여 R_j 를 생성한다.





$$R_j = \sum_{i=1}^j v_i \delta_i \alpha_i^T \tag{2-8}$$

여기서, v_i 와 $a_i \in R(t)$ 의 왼쪽과 오른쪽의 i번째 고유벡터이고, $\delta_i \in R$ 의 i번째 의 특이값을 나타낸다. 클러터 신호 $R_c(t)$ 를 식 (2-8)을 사용하여 구한다. 수신 신호 R(t)에서 R_j 로 얻은 $R_c(t)$ 값을 제거하여 목표물 신호 $R_t(t)$ 를 구하여 배경 차분 과정을 진행한다.

3. 신호 감쇄 보상

목표물의 위치를 추정할 때 탐지 물체의 측정 거리가 증가하면 그에 따른 신 호의 세기가 약해지는 현상이 발생한다. 이러한 현상이 발생하면 상대적으로 신호의 세기가 강한 가까운 목표물의 신호가 뒤쪽에 위치한 목표물의 신호보다 더 큰 신호세기를 갖게 되어 다음 과정인 검출 과정에 영향을 끼치게 된다. 이 를 해결하기 위해 매 수신 신호 프레임을 일정한 간격으로 나눈 뒤, 각 블록의 거리에 따른 차등 가중치를 할당하여 곱한다.[20]



그림 2-13. 1개 프레임 수신 신호를 k개의 Block으로 나눈 모습

그림 2-13과 같이, 한 개의 수신 신호 프레임의 길이가 같은 k개의 블록으로 나누어진 모습을 나타낸 그림이다. 매 프레임은 총 n개의 샘플들로 구성이 되 어 있으며, 이 샘플들은 안테나로부터 상대적인 거리를 나타낸다. 위와 같은 구 조에서 제안한 알고리즘 수식은 식 (2-9)와 같다.

- 14 -





$$R_k = (B + \alpha K_j) D_k \tag{2-9}$$

여기서, R_k 는 거리에 따른 수신 신호 세기의 차가 보상된 결과이다. $B \leftarrow D_k$ 에 곱해지는 최종적인 가중치를 일정 수준 이상 유지시켜주는 상수 값이다. $a \leftarrow$ 가중치이며, $K_j \leftarrow n$ 번째 샘플이 속한 블록이다. $D_k \leftarrow$ 수신 프레임 중 k번째 샘 플의 신호세기이다.

4. 검출 과정

검출 과정은 배경 차분 과정과 신호 감쇄 보상과정을 거친 수신 신호와 송신 신호 사이의 유사도를 분석하여 가장 유사한 지점을 목표물의 위치로 추정한 다. 이 신호를 검출해 내는 과정으로는 클린 알고리즘(clean algorithm)을 사용 하며, 순서도는 2-14와 같다.[21]



그림 2-14. 클린 알고리즘 순서도





그림 2-15와 같이, r(k)는 배경 차분과 신호 감쇄 보상이 완료된 신호의 프레 임이며, t(k)는 송신 신호로써 수신 프레임과 상호 상관(cross-correlation) 연산 을 수행하게 된다. 상호 상관 과정을 통해 검출된 펄스의 신호 세기가 문턱값 (threshold)을 넘는지의 여부에 대해 판별하게 되고, 신호의 세기가 문턱값보다 크면 그 신호는 목표물의 신호라 판별이 되고, 그 위치를 제외한 수신 신호 프 레임의 나머지 부분에 관하여 다시 상호 상관 연산을 수행하여 다음 펄스를 검 출한다. 만약 신호 세기가 문턱값을 넘지 못할 경우 그 신호는 잡음으로 처리 되며 더 이상의 목표물 신호는 존재하지 않는다고 간주되어 반복을 멈추고 해 당 신호의 검출과정을 종료한다.[21]

클린 알고리즘까지 진행된 신호는 목표물의 신호와 목표물 및 다른 경로의 반사 신호까지 들어오게 된다. 그러나 가장 큰 움직임이 상호 상관 연산 결과 값이 가장 크기 때문에 진행된 신호에서 최댓값을 만족하는 위치를 목표물의 위치로 추정한다.

5. 2차원 위치 좌표 측정

2차원 좌표에서 실내 무선측위 방법은 그림 2-15와 같다.



그림 2-15. 2차원 좌표 무선측위

- 16 -



신호처리 과정을 통하여 얻어진 IR-UWB 레이더 위치와 물체의 거리를 이 용하여 2 차원 좌표를 측정하기 위해서는 최소 두 개 이상의 거리 값이 필요하 다.[22][23]

$$(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 = D_i^2$$
(2-10)

식 (2-10)에서 X와 Y는 대상이 있는 좌표 값이고 X_i 와 Y_i는 측정되고 있는 IR-UWB 레이더 위치, D_i는 신호처리 과정을 통하여 얻어진 대상과의 거리 값이다.

식 (2-10)을 사용하여 2개 이상의 방정식이 나타나며 2차원 평면에서 삼변측 량기법의 기본 개념은 그림 2-15와 같이 2개 이상의 레이더가 대상의 좌표를 측정한다. IR-UWB 레이더의 위치좌표를 중심으로 정의하고 목표물과의 거리 를 반지름으로 정의한 두 개의 원이 형성된다. 이때 2개의 원둘레는 한 점에서 교차하게 되는데, 이 교차점이 목표대상의 위치가 된다.



- 17 -



제 3 장 IR-UWB 안테나 설계 및 시뮬레 이션

일반적으로 IR-UWB 레이더로 활용되는 안테나는 모노폴 안테나(monopole antenna)[24], 패치 안테나(patch antenna)[25], 야기 형 안테나(Yagi-type antenna)[26], 테이퍼드 슬롯 안테나[27] 등이 있다.

본 논문에서는 준-야기 안테나(quasi-Yagi antenna)와 테이퍼드 슬롯 안테나 를 Ansys 社의 HFSS를 사용하여 설계 및 시뮬레이션을 하였다.

제 1 절 준-야기 안테나

1. 준-야기 안테나 설계

본 논문에서 제안한 준-야기 안테나 구조는 그림 3-1과 같다.









제안한 준-야기 안테나는 유전율 4.5, 손실 탄젠트 0.0035, 두께 0.61 mm를 갖 는 TRF-45 기판을 사용하여 제작하였다. 안테나 방사를 위한 다이폴을 앞면에 배치하고 대역폭과 이득을 증가시키기 위하여 두 개의 기생 디렉터(parasitic directors)를 추가하였다. 안테나 임피던스 정합을 위한 50 Ω의 급전선을 뒷면 배치하였다. 제안한 준-야기 안테나의 설계변수는 표 3-1과 같다.

표 3-1. 제안한 준-야기 안테나 상세 변수

(단위: mm)

변수	크기	변수	크기
L	32.7	W	33
L_1	6.4	W_1	1.6
L_{D1}	14	W_{D1}	1.4
L _{Dr1}	10	W_{Dr1}	2
L_{Dr2}	7.5	W_{Dr2}	1.4
L_S	5.7	W_S	2.6
L_{m1}	7.5	W_{m1}	2
L_{m2}	3.2	W_{m2}	1
L _{m3}	3.2	g_1	3.8
L_g	10.7	g_2	3
d_{1}	0.7		

제안한 안테나는 세 단계 설계 과정으로 분석되며, 그림 3-2와 같다.





그림 3-2와 같이, 안테나-1은 기생 디렉터가 없는 기본적인 준-야기 안테나 이다. 안테나-2와 안테나-3에서는 넓은 대역에서의 임피던스 정합 및 높은 이 득을 얻기 위해 기생 디렉터를 다이폴 근처에 추가하였다.

2. 준-야기 안테나 시뮬레이션 분석

제안한 준-야기 안테나 임피던스 대역폭 및 이득의 시뮬레이션 결과는 그림 3-3과 같다.







그림 3-3과 같이, 안테나-1은 4.54 础 ~ 7.15 础 대역에서 VSWR≤2를 만 족하여 2.61 础의 넓은 임피던스 대역폭을 보였다. 안테나 이득은 5 础 대역에 서 4.61 dBi, 6 础 대역에서 5.80 dBi, 7 础 대역에서 6.50 dBi, 8 础 대역에서 5.50 dBi, 9 础 대역에서 6.85 dBi이다.

안테나-2는 4.60 때 ~ 9.77 때 대역에서 VSWR≤2를 만족하여 5.17 때의 넓 은 임피던스 대역폭을 보였다. 안테나 이득은 5 때 대역에서 5.09 dBi, 6 때 대 역에서 4.92 dBi, 7 때 대역에서 5.12 dBi, 8 때 대역에서 7.88 dBi, 9 때 대역에 서 8.19 dBi이다.

안테나-3은 4.67 @ ~ 9.89 @ 대역에서 VSWR≤2를 만족하여 5.22 @ 의 넓 은 임피던스 대역폭을 보였다. 안테나 이득은 5 @ 대역에서 5.09 dBi, 6 @ 대 역에서 6.05 dBi, 7 @ 대역에서 6.82 dBi, 8 @ 대역에서 8.10 dBi, 9 @ 대역에 서 8.72 dBi이다.

VSWD	임피던스 대역폭 [GHz]			
VSWR	안테나-1	안테나-2	안테나-3	
VSWR≤2	2.6	5.17	5.22	

표 3-2. 제안한 준-야기 안테나 임피던스 대역폭 시뮬레이션 결과

표 3-3. 제안한 준-야기 안테나 이득 시뮬레이션 결과

즈코스 [m]	이득 [dBi]			
Ť╨ŢŢ[₩IZ]	안테나-1	안테나-2	안테나-3	
5	4.61	5.03	5.09	
6	4.92	5.80	6.05	
7	5.12	6.50	6.82	
8	5.50	7.88	8.10	
9	6.85	8.19	8.72	



표 3-2, 표 3-3과 같이, 제안한 준-야기 안테나는 안테나-3에서 넓은 임피던 스 대역폭 및 높은 이득을 보였다.

제안한 준-야기 안테나 전류 분포 시뮬레이션 결과는 그림 3-4와 같다.



(a) 5 GHz



(b) 7 GHz



(c) 9 GHz

그림 3-4. 제안한 준-야기 안테나 전류 분포 시뮬레이션 결과





그림 3-4와 같이, 제안한 준-야기 안테나는 +z축으로 방사가 집중되며 디렉 터-1과 디렉터-2를 통해 8 础 ~ 9 础 대역에서 전류가 집중되어 높은 주파수 대역에서의 방사에 기여한다.

제안한 안테나 E-평면(yz) 및 H-평면(xz)의 방사패턴을 시뮬레이션 결과는 그림 3-5와 같다.









(c) 7 GHz

(d) 8 GHz



(e) 9 GHz

그림 3-5. 제안한 준-야기 안테나 방사패턴 시뮬레이션 결과



그림 3-5와 같이, 제안한 준-야기 안테나의 방사패턴 시뮬레이션 결과는 제 안한 대역 내에서 특정한 방향에 집중되는 지향성 방사패턴을 보인다.

2 절 테이퍼드 슬롯 안테나

1. 테이퍼드 슬롯 안테나 설계

본 논문에서 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나의 전체 구조는 그림 3-6과 같다.



그림 3-6. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 구조

제안한 테이퍼드 슬롯 안테나는 유전율 4.5, 손실 탄젠트 0.0035, 두께 1.62 mm를 갖는 TRF-45 기판을 사용하여 제작하였다. 안테나의 이득을 증가시키기 위하여 네 개의 정사각형 슬롯과 반원형 구조를 추가하였다. 안테나의 임피던





스 정합을 위한 급전선을 뒷면에 배치하였다. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나의 설계변수는 표 3-4와 같다.

표 3-4. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 상세 변수 (단위: mm)

변수	크기	변수	크기
L	60	W	55
L_t	40	W_t	44
L_m	17	W_{t_1}	3.6
L_{m_1}	9.57	W_m	2.5
L_{m_2}	8	W_{m_l}	2
L_{m_3}	7	<i>W_{m_2}</i>	2
L_{m_4}	4.1	W_{m_3}	0.9
L_m	6	W_s	22
Lr	22		

제안한 안테나는 세 단계 설계 과정으로 분석되며, 그림 3-7과 같다.



그림 3-7. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 설계 과정



그림 3-7과 같이, 안테나-1은 기본적인 테이퍼드 슬롯 안테나이다. 안테나-2 와 안테나-3에서는 넓은 대역에서 임피던스 정합 및 높은 이득을 얻기 위해 3 개의 사각 구조 및 반원 구조를 추가하였다.

2. 테이퍼드 슬롯 안테나 시뮬레이션 분석

제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 이득의 시뮬레이션 결과는 그림 3-8과 같다.



그림 3-8. 제안한 테이퍼스 슬롯 안테나 이득 시뮬레이션 결과

그림 3-8과 같이, 안테나-1의 이득 결과는 5 GHz 대역에서 6.30 dBi, 6 GHz 대 역에서 7.38 dBi, 7 GHz 대역에서 5.92 dBi, 8 GHz 대역에서 7.74 dBi, 9 GHz 대역에 서 8.34 dBi이다.

안테나-2의 이득 결과는 5 础 대역에서 6.95 dBi, 6 础 대역에서 8.54 dBi, 7 础 대역에서 7.09 dBi, 8 础 대역에서 7.61 dBi, 9 础 대역에서 8.80 dBi이다.





안테나-3의 이득 결과는 5 础 대역에서 7.06 dBi, 6 础 대역에서 8.55 dBi, 7 础 대역에서 7.49 dBi, 8 础 대역에서 8.40 dBi, 9 础 대역에서 9.52 dBi이다. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 설계 과정을 통한 이득 비교는 표 3-5와 같다.

표 3-5. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 이득 시뮬레이션 결과

주파수 [Ghz]	이득 [dBi]		
	안테나-1	안테나-2	안테나-3
5	6.30	6.95	7.06
6	7.38	8.54	8.55
7	5.92	7.09	7.49
8	7.74	7.61	8.40
9	8.34	8.80	9.52

표 3-5와 같이, 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나는 안테나-3에서 높은 이득을 보였다.

제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 임피던스 대역폭 분석은 그림 3-9와 같다.



그림 3-9. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 임피던스 대역폭 시뮬레이션 결과



그림 3-9와 같이, 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 임피던스 대역폭 시뮬레이션 결과는 3.62 础 ~ 11.56 础 대역에서 VSWR≤2를 만족하여 7.94 础의 넓은 임 피던스 대역폭을 보였다.

제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 전류 분포 시뮬레이션 결과는 그림 3-10과 같다.



(a) 5 GHz



(b) 7 GHz



(c) 9 ₩ 그림 3-10. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 전류 분포 시뮬레이션 결과



그림 3-10과 같이, 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나는 +z축으로 방사가 집중되 며, 전류가 테이퍼드 구조를 따라 진행되면서 테이퍼드 슬롯 개구면 끝에 분리 되어 방사된다.

제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 E-평면(vz) 및 H-평면(xz)에서의 방사패턴 시 뮬레이션 결과는 그림 3-11과 같다.











(d) 8 GHz



(e) 9 GHz

그림 3-11. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 방사패턴 시뮬레이션 결과

- 29 -



그림 3-11과 같이, 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나 방사패턴 시뮬레이션 결과, 제안한 대역 내에서 특정 방향에 집중되는 지향성 방사패턴을 보인다.





제 4 장 IR-UWB 안테나 제작 및 측정

제 1 절 준-야기 안테나 제작 및 측정

시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제 제작한 준-야기 안테나는 그림 4-1과 같 다.





제안한 준-야기 안테나는 유전율 4.5, 손실 탄젠트 0.0035, 두께 0.61 mm를 갖는 TRF-45 기판에 제작하였다.

제작한 준-야기 안테나 임피던스 대역폭 측정 결과는 그림 4-2와 같다.







그림 4-2. 제작한 준-야기 안테나 임피던스 대역폭 측정 결과

그림 4-2와 같이, 제작한 준-야기 안테나 임피던스 대역폭 측정 결과는 5.03 础 ~ 9.39 础 대역에서 VSWR≤2를 만족하며, 4.36 础의 넓은 임피던스 대역폭을 보였다.

제작한 준-야기 안테나 이득 측정 결과는 그림 4-3과 같다.



그림 4-3. 제작한 준-야기 안테나 이득 측정 결과





그림 4-3과 같이, 제작한 준-야기 안테나 이득 측정 결과는 5 대 대역에서 4.91 dBi, 6 대 대역에서 5.41 dBi, 7 대 대역에서 5.68 dBi, 8 대 대역에서 6.46 dBi, 9 대 대역에서 5.08 dBi이다.

제작한 안테나의 E-평면 및 H-평면에서 방사패턴 측정 결과는 그림 4-4와 같다.















(e) 9 GHz

그림 4-4. 제작한 준-야기 안테나 방사패턴 측정 결과

- 33 -



그림 4-3과 같이, 제작한 준-야기 안테나 방사패턴 측정 결과는 제안한 대역 내에서 특정 방향에 집중되는 지향성의 방사패턴을 보인다.

제작한 준-야기 안테나와 유사한 시스템에 적용된 준-야기 안테나의 특성 비교 결과는 표 4-1과 같다.

표 4-1. 제작한 준-야기 안테나와 기존 준-야기 안테나 특성 비교

안테나	[28]	[29]	제작한 안테나
타입	준-야기	준-야기	준-야기
크기 (mm)	36 × 35	90×140	32.7 × 33
대역폭 (GHz)	3.8 ~ 10.3	3.8 ~ 3.64	5.03 ~ 9.39
이득 (dBi)	7	7.4	6.46

표 4-1과 같이, 제안한 안테나는 대역폭과 이득 면에서 비교한 안테나와 유 사한 특성을 보였으나, 다른 비교 안테나에 비해 크기가 작은 장점이 있다.

제 2 절 테이퍼드 슬롯 안테나 제작 및 측정

시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제 제작한 테이퍼드 슬롯 안테나는 그림 4-5 와 같다.







 (a) 앞면
 (b) 뒷면

 그림 4-5. 제작한 테이퍼드 슬롯 안테나 사진

제안한 테이퍼드 슬롯 안테나는 유전율 4.5, 손실 탄젠트 0.0035, 두께 1.62 m를 갖는 TRF-45 기판에 제작하였다.

제작한 테이퍼드 슬롯 안테나 임피던스 대역폭 결과는 그림 4-6과 같다.



그림 4-6. 제작한 테이퍼드 슬롯 안테나 임피던스 대역폭 측정 결과







그림 4-6과 같이, 제작한 테이퍼드 슬롯 안테나 임피던스 대역폭 측정 결과 는 4.45 ᢗ ~ 12.03 ᢗ 대역에서 VSWR≤2를 만족하며, 7.58 ᢗ 의 넓은 임피 던스 대역폭을 보였다.

제작한 테이퍼드 슬롯 안테나 이득 결과는 그림 4-7과 같다.



그림 4-7. 제작한 테이퍼드 슬롯 안테나 이득 측정 결과

그림 4-7과 같이, 제작한 테이퍼드 슬롯 안테나 이득 측정 결과는 5 6b 대역에서 6.76 dBi, 6 6b 대역에서 7.50 dBi, 7 6b 대역에서 7.38 dBi, 8 6b 대역에서 7.59 dBi, 9 6b 대역에서 8.92 dBi이다.

제안한 안테나의 E-평면 및 H-평면에서 방사패턴 측정 결과는 그림 4-8과 같다.









(e) 9 GHz

그림 4-8. 제작한 테이퍼드 슬롯 안테나 방사패턴 측정 결과

그림 4-8과 같이, 제작한 테이퍼드 슬롯 안테나 방사패턴 측정 결과는 제안 한 대역 내에서 특정 방향에 집중되는 지향성 방사패턴을 보인다.

제작한 테이퍼드 슬롯 안테나와 유사한 시스템에 적용된 테이퍼드 슬롯 안테 나 특성 비교 결과는 표 4-2와 같다.





안테나	[30]	[31]	제작한 안테나
타입	테이퍼드 슬롯	테이퍼드 슬롯	테이퍼드 슬롯
크기 (mm)	90 × 120	220 × 170	82 × 55
대역폭 (GHz)	3	5.25	7.58
이득 (dBi)	8.78	8	8.92

표 4-2. 제작한 테이퍼드 슬롯 안테나와 기존 테이퍼드 슬롯 안테나 특성 비교

표 4-2와 같이, 제안한 안테나는 대역폭과 이득 면에서 비교한 안테나와 유 사한 특성을 보였으나 다른 비교 안테나에 비해 크기가 작은 장점이 있다.

제 3 절 제안한 안테나의 실내 무선측위 분석

본 논문에 사용된 레이더는 Xethru 社의 NVA-R661 모듈을 사용하였다. NVA-R661 모듈은 탐지 물체에 반사되어 수신된 신호를 양자화와 샘플링 과 정을 거쳐 디지털 신호로 변환하여 PC로 데이터를 전송한다. NVA-R661의 1m 당 발생되는 샘플의 수는 256개 이다. 실험에 사용된 IR-UWB 레이더의 구성 은 그림 4-9이며, 비교·분석에 사용한 상용 비발디 안테나의 제원은 표 4-3, NVA-R661 모듈의 주파수 대역 및 기타 정보는 그림 4-10, 표 4-4과 같다.







(a) 상용 비발디 안테나의 레이더 구성



(b) 제안한 준-야기 안테나의 레이더 구성
 (c) 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나의 레이더 구성
 그림 4-9. 실내 무선측위를 위해 제안한 IR-UWB 레이더 구성

표 4-3. 상용 비발디 안테나 제원

매개 변수	단위 값
타입	비발디
크기 (mm)	50 × 50
대역폭 (GHz)	7.4
이득 (dBi)	8









그림 4-10. NVA-R661 모듈 IR-UWB 레이더 전송 신호 및 주파수 대역

표 4-4. NVA-R661 모듈 제원

매개 변수	단위 값
주파수 대역 (础z)	$6.0 \sim 10.2$
출력 펄스 중심 주파수 (础)	6.8
평균 출력 (dBm)	$-12.9 \sim -12.2$
시스템 샘플링 속도 (GS/s)	>30
샘플링 포인트 (sample)	256





1. 1차원 좌표에서 실내 무선측위 분석

제작한 준-야기 안테나 및 테이퍼드 슬롯 안테나의 실내 무선측위의 실용성 을 검증하기 위해 NVA-R661 모듈에 적용하였고, Xetha 社에서 현재 상용 중 인 비발디 안테나와 비교·분석하였으며, 실험환경은 그림 4-11과 같다.



그림 4-11. 무선측위 실험환경

그림 4-11과 같이, 실내에서 무선측위 분석은 목표물이 레이더를 기준으로 일직선상에서 1 ~ 4 m까지 4번 왕복하였다. 안테나에 따른 실험 결과는 그림 4-12와 같다.







그림 4-12. 안테나에 따른 1차원 무선측위 실험 결과



그림 4-12와 같이, 제안한 준-야기 안테나 및 테이퍼드 슬롯 안테나는 1 m ~ 4 m의 거리에서 상용 비발디 안테나보다 목표물의 거리 정보가 정확하게 측정됨을 불 수 있다. 각 안테나의 평균제곱근오차(RMSE: Root Mean Square Error) 값은 표 4-5와 같다.

표 4-5. 제안한 안테나와 상용 안테나의 RMSE 비교

	상용 비발디 안테나	제안한 준-야기 안테나	제안한 테이퍼드 슬롯 안테나
RMSE	8.4836	6.7764	6.7474

표 4-5와 같이, 제안한 준-야기 안테나 및 테이퍼드 슬롯 안테나의 RMSE는 상용 안테나보다 낮은 오차율을 보이고 있다.

2. 2차원 좌표에서 실내 무선측위 분석

제안한 테이퍼드 슬롯 안테나는 준-야기 안테나에 비해 대역폭 및 이득이 우 수하여 2차원 좌표에서의 실내 무선측위 분석에 NVA-R661 모듈에 적용하여 사용하였다. 실험 과정은 4 × 4 ㎡의 실내 공간에서 목표물이 초기(1, 1)의 위 치에 있었으며 위치(3, 2)를 경유하여 위치(1, 3)으로 최종 도착하였다. 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나의 2차원 좌표에서의 실내 무선측위 분석은 그림 4-13과 같다.









그림 4-13. 2차원 좌표에서의 실내 무선측위 분석 결과

그림 4-13과 같이, 제안한 테이퍼드 슬롯 안테나를 사용하여 2차원 좌표에서 의 실내 무선측위결과는 최소 3.27 cm, 최대 16.33 cm 오차를 보임으로서 2차 원 무선측위 활용 가능성을 확인할 수 있었다.



- 44 -



제 5 장 결 론

본 논문에서는 실내 무선측위를 위하여 준-야기 안테나와 테이퍼드 슬롯 안 테나를 제안하였다. 준-야기 안테나는 다이폴 근처에 기생 디렉터를 추가하여 임피던스 대역폭 및 이득을 향상시켰으며, 테이퍼드 슬롯 안테나는 양쪽에 정 사각형 슬롯과 반원 구조를 추가하였다.

설계한 준-야기 안테나의 시뮬레이션 분석 결과는, 4.67 础 ~ 9.89 础 대역에서 VSWR≤2를 만족하여 5.22 础의 대역폭을 보이고, 안테나 이득은 5 础 대역에서 5.09 dBi, 6 础 대역에서 6.05 dBi, 7 础 대역에서 6.82 dBi, 8 础 대역에서 8.10 dBi, 9 础 대역에서 8.72 dBi이다.

제작한 준-야기 안테나의 실측값은 5.03 吨 ~ 9.39 吨 대역에서 VSWR≤2 를 만족하여 4.36 吨의 넓은 대역폭을 나타내었으며, 안테나 이득은 5 때에서 4.91 dBi, 6 때에서 5.41dBi, 7 때에서 5.68 dBi, 8 때에서 6.46 dBi, 9 때에서 5.08 dBi이다. 또한 방사패턴 측정 결과는 특정 방향에 대한 감도가 높아지는 지향성 방사패턴이 관찰되었다.

설계한 테이퍼드 슬롯 안테나의 시뮬레이션 분석 결과는, 3.62 础 ~ 11.56 础 대역에서 VSWR < 2를 만족하여 7.94 础의 대역폭을 보이고, 안테나 이득은 5 础 대역에서 7.06 dBi, 6 础 대역에서 8.55 dBi, 7 础 대역에서 7.49 dBi, 8 础 대역에서 8.40 dBi, 9 础 대역에서 9.52 dBi이다.

제작한 테이퍼드 슬롯 안테나의 실측값은 4.45 础 ~ 12.03 础 대역에서 VSWR≤2를 만족하여 7.58 础의 넓은 대역폭을 나타내었으며, 안테나 이득은 5 砒에서 6.76 dBi, 6 砒에서 7.50dBi, 7 砒에서 7.38 dBi, 8 砒에서 7.59 dBi, 9 砒에서 8.92 dBi이다. 또한 방사패턴 측정 결과는 준-야기 안테나와 같은 지향 성 방사패턴이 관찰되었다.

설계한 안테나에 비해 실제 제작한 안테나의 대역폭과 이득이 낮아진 이유는 제작과정의 오차 및 측정 장비와 안테나 사이를 연결하는 케이블의 손실로 예

- 45 -



상된다.

실내 무선측위의 유효성을 검증하기 위해 현재 상용 중인 비발디 안테나와 제작한 준-야기 안테나 및 테이퍼드 슬롯 안테나를 Xetha 社의 NVA-R661 레 이더 모듈에 연결하여 비교·분석하였다. 제안한 준-야기 안테나 및 테이퍼드 슬롯 안테나의 1차원 좌표에서의 실내 무선측위 결과는 4 m 까지 우수한 분해 능을 확인할 수 있었다. 특히, 상용 안테나의 RMSE는 8.4836, 제작한 준-야기 안테나와 테이퍼드 슬롯 안테나의 RMSE는 각각 6.7764, 6.7474으로서 상용안 테나 보다 낮은 오차율을 보였다.

제안한 테이퍼드 슬롯 안테나는 준-야기 안테나에 비해 대역폭 및 이득이 우 수하여 2차원 좌표에서의 실내 무선측위 분석에 NVA-R661 모듈에 적용하여 사용하였고, 분석 결과는 최소 3.27 cm, 최대 16.33 cm 오차를 보임으로서 2차 원 무선측위 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

향후에는 다양한 방법을 통하여 보다 높은 이득을 갖는 소형 및 경량화 안테 나를 제안하며, 다양한 신호처리 알고리즘을 통해 높은 성능의 실내 무선측위 시스템을 제안하고자 한다.



- 46 -



참 고 문 헌

- [1] 윤덕영, "IR-UWB 기반 정밀 위치 인식을 위한 임펄스 레이더 디지털 신호처리 설계," 석사학위논문, 한양대학교, 2012. 02.
- [2] Federal Communications Commission, "FCC Part15-radio frequency devices, code federal regulation 47 CFR Ch. 1 (10-1-09 Edition)," Section 15.521, Washington, D.C., 2009.
- [3] M. Welborn, and J. McCorkle, 'The importance of fractional bandwidth in ultra wideband pulse design," Proc. IEEE Int. Conf. Commun, Vol. 02, pp. 753 - 757, 2002.
- [4] 이홍민, "이동통신용 안테나 설계 실무," 상학당, pp. 109 110, 2010.
- [5] 남윤석, 허재두, "UWB 기술동향," 한국통신학회논문지, 제24권, 제6호, pp. 41 49, 2007.
- [6] Faranak Nekoogar, "Ultra-Wideband communications-Fundamentals and Applications," Upper saddle River, NJ: Prentice Hall, 2005.
- [7] 김창환, "UWB 무선통신 기술 동향," 정보통신연구진흥원, 주간기술동향, 1345
 호, 2008.
- [8] N. Paulino, A. S. Garcao, and J. Goes, "Low Power UWB CMOS Radar Sensors," First Edition, Springer, 2008.
- [9] C. T. P. Song, P. S. Hall, H. Ghafouri, and I. Henning, "Fractal Antenna Research at University of Birmingham," 11th Int, Conf. on Antennas and Propagation, pp. 724 - 727, Apr. 2001.
- [10] Kurt L. Shlager, Glenn S. Smith, and James G. Maloney, "Optimization of Bow-Tie Antennas for Pulse Radiation," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 42, No. 07, pp. 975 - 982, Jul. 1994.
- [11] Alberto Reyna, Marco A. Panduro, Aldo L. Mendez, and Gerardo Romero,





"Timed arrays of spiral antennas for circularly polarised UWB scanned patterns with low side lobes," IET Microwaves, Antennas & Propagation, Vol. 10, Iss. 04, pp. 587 - 593, Apr. 2016.

- [12] Homayoon Oraizi, Amrollah Amini, and Mehdi Karimi Mehr, "Design of miniaturised UWB log-periodic Design of miniaturised UWB log-periodic WLAN band-rejection," IET Microwaves, Antennas & Propagation, Vol. 11, Iss. 02, pp. 193 - 202, Feb. 2017.
- [13] Y. Mushiake, "Self-Complementary Antennas," IEEE Antennas and Propagation Mag., Vol. 34, No. 06, pp. 23 - 29, Dec. 1992.
- [14] 김선웅, "버틀러 매트릭스를 이용한 UWB 레이더용 빔 포밍 안테나 구현," 박 사학위논문, 조선대학교, 2018. 02.
- [15] 김종규, 허유강, 조영기, "UWB 안테나 기술동향," 전자파기술, Vol. 13, No. 03, pp. 24 32, 2002. 07.
- [16] 김종민, "최적 임펄스 신호 방사를 위한 IR-UWB용 안테나 시간영역 설계,"
 박사학위논문, 광운대학교, pp. 40 43, 2013. 02.
- [17] S. W. Kim, and D. Y. Choi, "Implementation of Rectangular Slit-Inserted Ultra-Wideband Tapered Slot Antenna," SpringerPlus, Vol. 2016, pp. 1 - 11, Aug. 2016.
- [18] Chang K, "RF and Microwave Wireless Systems," Wiley, New York, pp. 74 - 77, 2000.
- [19] 백인석, 김진호, 조성호, "IR-UWB RADAR 시스템에서의 목표물 거리값 산출 알고리즘 성능 비교," 한국통신학회 2012년도 하계종합학술발표회, 2012. 06.
- [20] 김진호, 백인석, 조성호, "IR-UWB에서 수신거리에 따른 신호세기 감쇄보상 알 고리즘," 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 282 - 283, 2012.
- [21] S. M. Yano, "Investigating the ultra-wideband indoor wireless channel," Proc. IEEE VTC Spring Conf., Vol. 3, pp. 1200 - 1204, 2002.



- [22] 김범훈, "IR-UWB 레이더를 활용한 2차원 물체 추적," 석사학위논문, 조선대학 교, 2015. 02.
- [23] 박재성, "멀티스태틱 IR-UWB 레이더 시스템에서의 다중목표물 위치 측정," 석사학위논문, 한양대학교, 2013. 02.
- [24] Ferdows B. Zarrabi, Zahra Mansouri, Navid P. Gandji, and Hamed Kuhestani, "Triple-Notch UWB Monopole Antenna with Fractal Koch and T-Shaped Stub," Int. J. Electron. Commun., Vol. 70, Iss. 01, pp. 64-69, Jan. 2016.
- [25] Rabbani M. S., and Ghafouri-Shiraz H., "Accurate Remote Vital Sign Monitoring with 10 GHz Ultra-Wide Patch Antenna Array," Int. J. Electron. Commun., Vol. 77. pp. 36 - 42, Jul. 2017.
- [26] Deqiang Yang, Jiafeng Qu, Zhiqin Zhao, Sihao Liu, and Zaiping Nie, "Planar Quasi-Yagi Antenna with Band Rejection Based on Dual Dipole Structure for UWB," IET Microwaves, Antennas & Propagation, Vol. 10, Iss. 15, pp. 1708 - 1714, Dec. 2016.
- [27] Jinjin Shao, Guangyou Fang, YiCai Ji, Kai Tan, and Hejun Yin, "A Novel Compact Tapered-Slot Antenna for GPR Applications," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 12, pp. 972 - 975, 2013.
- [28] Jiangniu Wu, Zhiqin Zhao, Zaiping Nie, and Qing-Huo Liu, "Design of a Wideband Planar Printed Quasi-Yagi Antenna Using Stepped Connection Structure," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 62, No. 06, pp. 3431 - 3435, 2014.
- [29] Junho Yeo, and Jong-Ig Lee, "Bandwidth Enhancement of Double-Dipole Quasi-Yagi Antenna Using Stepped Slotline Structure," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vo. 15, pp. 694 - 697, 2016.
- [30] Herzi Rabiaa, Zairi Hsan, Gharsallah Ali, "Reconfigurable vivaldi antenna





with improved gain for UWB applications," Microwave Opt Technology Letters Vol. 58, Iss. 02, pp. 490 - 494, Feb. 2016.

[31] Wang Y, Zhang F, Fang G, Ji Y, Ye S and Zhang X, "A novel ultrawideband exponentially tapered slot antenna of combined electric-magnetic type," IEEE Antenna Wireless Propagation, Vol. 15, pp 1226 - 1229, 2016.

