

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2022.22.4.41>

JIIBC 2022-4-7

안테나 지향성 원리를 이용한 5G 건물 내 품질향상에 관한 연구

A Study on Improvement of 5G In-Building Quality using Antenna Orientation Principle

이병찬*, 이성화**, 김진태***

Byung-Chan Lee*, Sung-Hwa Lee**, Jin-Tae Kim***

요약 본 연구는 5G가 안정화되어 갈수록 많은 양의 트래픽이 건물 내 발생할 것으로 예상됨에 따라, 건물 내 5G 품질향상을 위해 지향성이 향상된 인빌딩용 안테나를 설계한 연구이다. 야기 안테나 전파 지향원리인 안테나 소자 전진 배열방식을 응용한 것이 아니라, 기지국용 안테나에 적용된 수직 배열 방식의 안테나 설계 방안을 제시한 것이고, 실험을 통해 안테나 지향성이 증가함을 확인하였다. 실험 결과에 따르면, 안테나와의 이격거리가 10m 이내에서는 지향성이 크게 증가하지 않았지만, 10m 이상 이격된 거리에서는 지향성이 약 3dB 가량 증가한 것으로 나타났으며, 빌딩 내 무선환경이 외부 환경과 달리 내부 구조물의 구조, 콘크리트, 유리 등 같은 자재, 폐쇄된 공간, 벽면 등 다양한 변수가 존재하는 점을 고려하였을 때, 지향성이 향상된 안테나는 향후 빌딩 내 5G 품질개선의 폭을 넓힐 수 있고, 건물 내에서도 안정적인 통신 서비스를 유지시킬 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract This study is a study that designed in-building antennas with improved orientation to improve 5G quality in buildings as 5G is stabilized and more and more traffic is expected to occur in buildings. Instead of applying the forward arrangement of antenna elements, which is the Yagi antenna propagation orientation principle, the antenna design method of vertical arrangement applied to the base station antenna was proposed, and it was confirmed through experiments that antenna orientation increased. According to the experimental results, the directivity did not increase significantly within 10m of the separation distance from the antenna, but the directivity increased by about 3dB at the distance separated by more than 10m. Considering that the wireless environment in the building has various variables such as structure of internal structure, materials such as concrete and glass, closed space, and walls, it is expected that antenna with improved orientation can expand the scope of 5G quality improvement and maintain stable communication service in the building.

Key Words : 5G, Yagi Antenna, In-Buidling, Mobile Communication

*정회원, 건국대학교 정보통신대학원 융합정보기술학과

**중신회원, 제주한라대학교 컴퓨터정보과

***정회원, 건국대학교 정보통신대학원 융합정보기술학과
접수일자 2022년 6월 7일, 수정완료 2022년 7월 7일
게재확정일자 2022년 8월 5일

Received: 7 June, 2022 / Revised: 7 July, 2022 /

Accepted: 5 August, 2022

*Corresponding Author: 17734@naver.co.kr

Department of Convergence Information Technology

Graduate School of Information and Telecommunications,
Konkuk University, Korea

I. 서론

5G 네트워크가 실외에 지속적으로 구축되어 성능이 점차 안정화되고 있지만 건물로 투과되는 신호만으로는 실내에서 안정화된 5G 서비스를 이용할 수 없는 상황이다. 5G가 안정화 단계에 들어서면 전체 트래픽 역시 80% 이상이 건물 내 발생할 것으로 예상됨에 따라 5G 실내 서비스를 담당하는 인빌딩 시스템이 매우 중요함을 알 수 있다^[1].

또한 최근에는 건물의 가치 증대를 위해 설비관리, 냉난방, 보안 등에 IoT 기술을 활용하여 다양한 응용 서비스를 제공하는 스마트 빌딩이 증가하는 추세이므로 건물 관리측면에서도 반드시 필요하다^[1].

인빌딩 시스템(In-Building System)은 건물 내 음영 지역 및 난청 권역이 발생하지 않도록 외부 기지국 신호를 전달받아 건물 내부에 전파하는 이동통신 전용 장비이다. 광중계 방식과 RF중계 방식으로 구분되는데 이 중 RF중계 방식은 입력 안테나, 중계기, 서비스 안테나로 구성되어 있고 입력 안테나로부터 기지국 신호를 받은 중계기가 신호를 증폭하여 서비스 안테나로 방사하는 과정을 가진다. 따라서 기지국 신호를 수신하고 건물 내 통신 커버리지를 결정하는 안테나의 역할이 핵심적이며 지향성이 높은 안테나일수록 보다 높은 실내 통신 품질을 제공할 수 있다.

본 논문은 이러한 제반사항을 바탕으로 5G 인빌딩 품질개선을 위해 지향성이 향상된 인빌딩용 안테나를 설계하였다. 기지국용 안테나처럼 수직 배열하는 방식을 적용하였고 이러한 원리를 응용하여 실험을 통해 약 2.5~3dB 가량 지향성이 향상됨을 확인하였다.

3dB 지향성 향상이라는 것은 지향성 생성 이전보다 약 30% 가량 멀리 전파를 보낸다는 의미로 향후 5G 인빌딩 품질개선 방법의 다각화를 시사하며 건물 내에서도 안정적인 서비스 제공을 기대할 수 있다.

II. 인빌딩 안테나 시스템

1. 5G와 RF중계 방식 인빌딩 시스템

5G 인빌딩 망 설계를 위한 핵심 요소 기술은 3D 공간 정보(도면) 구축 엔진과 인빌딩 전파예측기술로 볼 수 있다. 고주파는 방해물 유무, 재질 정보 등을 고려하여 반사/회절/산란 특성을 모델링해야 하므로, 3D 인빌딩 공간정보 엔진 개발이 중요하다. 또한, 정확한 인빌딩 무선

망 환경 예측을 위해 전파해석 분석은 반사/회절/산란을 최대한 많이 고려해야 하지만, 이는 연산량의 폭증을 일으키므로, 분석 시간과 신뢰도 사이에서의 적절한 절충이 요구된다.

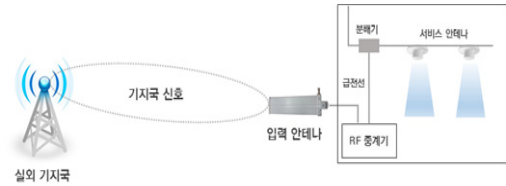


그림 1. RF중계 방식 인빌딩 시스템
Fig. 1. RF Type In-Building System

본 연구에서 활용한 RF중계 방식 인빌딩 시스템은 그림 1과 같이 기지국 신호를 안테나를 통해 송수신하는 시스템을 말한다. 광중계 방식 대비 수신 신호 안정도는 다소 부족하나 별도의 전원선 이외에는 설치작업이 없어 구성이 간단하고 적은 비용으로도 건물 내 음영지역을 해소할 수 있다. 또한 전파를 매개체로하기 때문에 광 케이블 포설이 어려운 곳에서도 설치가 가능하다. 유동인구가 많지 않고 경제성을 고려해야 하는 환경, 광케이블 인입이 어려운 건물, 고립된 지역(지하 주차장, 터널 등) 등 다양하고 폭 넓게 사용된다.

2. 안테나 전파 지향성 원리

전파는 도선이 끊어진 곳에서 발생하는 전계와 수직으로 발생하는 자계가 엇갈리면서 공중으로 신호를 전달하는 성질이 있다. 이러한 원리를 가진 안테나는 어떤 점전원(Point Source)처럼 되어 360도 전 방향으로 동그란 구형 모형처럼 전파가 방사된다^[2]. 그러나 등방성 안테나(isotropic antenna)처럼 전 방향으로 완벽하게 균등한 구형 모형은 존재하지 않는다. 이론상으로만 존재하는 안테나라 실제로 이러한 형태는 나올 수 없고 결국 실존하는 안테나는 구조적으로 어떤 ‘방향성’을 가지는 지향적인 형태의 방사패턴을 나타내게 되는 것이다.

이중 야기 안테나는 지향성을 높이기 위해 안테나 소자를 전방으로 배열한 형태이다. 전파는 복사기에 의해 송,수신되며 사용 주파수의 $\lambda/2$ 에 공진하고 반사기는 파장의 $\lambda/2$ 길이보다 길게 유도성 임피던스를 갖고 발사된 전파를 반사하는 역할을 한다. 기지국용 섹터 안테나는 야기 안테나와는 다른 방식인 반파장($\lambda/2$) 다이폴 안테나 소자를 수직 배열한 형태이다.

그림 2와 같이 8개의 안테나를 수직 배열하여 지향성을 생성하고 수평 배열과 Reflector를 더해 최종적으로 15dB의 지향성을 가진다^[2].

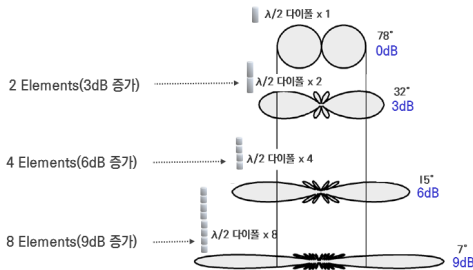


그림 2. 기지국 안테나 소자 배열 및 전파 지향성
Fig. 2. Elements array for Base Station Antenna and Direction

3. RF중계 방식 인빌딩 시스템의 취약점

RF중계 방식 인빌딩 시스템은 기지국 신호를 수신하여 실내 가입자에게 전달하는 방식의 시스템이다. 입력 안테나에 의한 수동적 방식이라 신호를 처리하고 서비스 하는데 있어 안테나에 대한 의존도가 높다.

대부분의 인빌딩용 입력 안테나 이득이 최대 11dB인데, 이는 인빌딩 시스템 동작에 있어 일반적으로 부족할 수치는 아니지만 일부 충족시키지 못하는 환경에서는 실내 중계기와 서비스 안테나와 상관없이 RF방식 인빌딩 시스템을 설치할 수 없는 일을 초래하게 된다.

또한, 입력 안테나는 시스템 특성상 건물 외벽이나 옥상에 설치해야 하는 제한된 공사 형태와 안테나 위치 선정은 건물 모양, 외부 설비, 협소한 공간 등을 고려해야 하지만 이와 같은 고려사항 때문에 입력 안테나의 위치가 원치 않는 장소에 설치될 수 있고 때로는 11dB 안테나 이득이 충분치 못한 상황이 발생하기도 한다.

여기에, 건물 내 음영지역이나 신호미약지역이 발견되면 안테나를 추가 시설하여 커버리지를 보장하게 되는데 매번 커버리지 보장을 위해 안테나와 급전선을 시설한다는 것은 매우 경제적이지만 방법이다. 지향성이 높은 안테나로 대체하는 것이 좀 더 효율적인 방법이나 현재로서는 최대 11dB 수준의 안테나가 최선책이다.

III. 실험 및 고찰

1. 개선된 안테나 설계

야기 안테나는 전진 배열 형태로 이득을 증가시키는 원리를 가진다. 복사기, 반사기 이외 5개의 도파기를 전진 배열하여 11dB를 생성하는데 이득을 증가시키고자 한다면 안테나 이득 공식에 따라 도파기를 추가하면 되지만 본 논문에서 제안한 개선된 안테나는 안테나 수직 배열을 이용하는 원리로 접근한다.

기지국용 섹터 안테나는 반파장 다이폴 안테나 소자 16개를 사용하여 총 15dB의 이득을 생성하고 그만큼의 지향성을 확보한다. 동일한 형태와 방사 능력을 가진 안테나를 수직으로 2배씩 늘려 배열하면 이득이 3dB씩 증가한다는 원리를 이용한 것이다^{[2][3]}.

야기 안테나에도 기지국 섹터 안테나와 동일한 원리를 적용하게 되면 이득이 증가하게 된다. 동일한 특성의 다이폴 안테나 대신 2개의 야기 안테나를 수직으로 배열하여 이득을 증가시킨다는 것인데 그림 3는 수직 배열 안테나의 원리를 반영한 개념이다.



그림 3. 야기 안테나 수직 배열 기본 개념
Fig. 3. Yagi Antenna Vertical Array Basic Concepts

2개의 동등한 특성을 가진 야기 안테나를 2단으로 수직 배열하게 되면 단일 안테나보다 이득은 3dB 증가하고 수직/수평 빔폭은 1/2로 줄어든다. 동일한 에너지를 가졌으나 안테나 배열로 인해 3dB만큼 전파가 멀리 도달한다는 의미이고 전체 에너지는 보존되기 때문이며 도달거리는 약 30% 증가할 것을 예상할 수 있다.

그러나 야기 안테나를 단순히 수직 배열하더라도 기지국 섹터 안테나처럼 완전하게 3dB 이득을 얻을 수는 없다. 수직 배열 시에는 방사효율 극대화를 위해 전력분배, 급전선 길이, 안테나 간격을 함께 고려해야 하는데 그림 4와 같이 배열 안테나는 배열된 기본 단일소자 안테나를 연결하고 전력과 위상을 공급할 수 있는 급전선로가 필요하다. 일반적으로 병렬(Parallel)형과 직렬(Series)형이 있는데 2개의 수직 배열 안테나에 동일한 위상을 급전해야 하므로 병렬형 구조를 이용한다^[4].

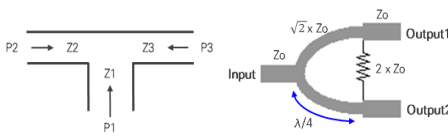


그림 4. T형 구조 전력분배회로

Fig. 4. T-type structural power distribution circuit

두 번째로 전력 분배기를 통해 방사할 전파를 동등하게 분배했다면 야기 안테나까지 급전선을 동일한 길이로 맞추어야 한다. 급전선 길이가 동일하지 않으면 2개의 안테나로 전달되는 전기신호 도달시간에 차이가 생겨 결국 방사하는 전파의 패턴이 위쪽 또는 아래쪽으로 향하게 되기 때문이다. 아래 그림 5은 급전선 길이에 따른 방사패턴 변화를 도시하였다. 그러므로 동일한 길이의 급전선을 분배기로부터 안테나까지 구성하도록 한다.

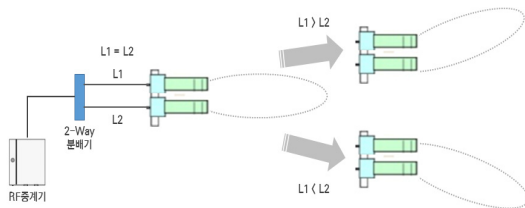


그림 5. 급전선 길이에 따른 전파 방사패턴

Fig. 5. Radio Wave Radiation Patterns according to the Length of the Rapid Wire

세 번째로 고려할 사항은 두 안테나 간 간격이다. 안테나 간격은 주파수 파장(λ)보다 큰 경우에는 배열 안테나의 가시영역 내 원하지 않는 방향에서 Main Lobe과 같은 크기의 바람직하지 않은 복사량이 발생하게 된다. 반면, 안테나 간격이 너무 좁으면 바람직하지 않은 복사량이 발생하지는 않지만 안테나 간 상호 결합으로 인해 방사패턴 왜곡의 원인이 되고 Side Lobe를 증가시키며 원치 않는 Pattern Null을 발생시킨다[5]. 따라서 배열 안테나에서의 소자 간격은 $\lambda/2 < d < \lambda$ 로 하여 주어진 주사각도 내에서 Grating Lobe를 최소화 하도록 한다.

또한 배열 간격이 넓을수록 수직면 반치각이 좁게 나타날 수 있고, 반치각이 좁을수록 안테나 이득은 높아지나 배열 간격으로 인해 차지하는 공간이 넓어질 수 있으므로 안테나 크기까지 고려하여 배열 간격을 결정해야 한다. 안테나 간격은 배열과 이득에 관한 연구 결과에 의하면 소자 간격이 0.7λ 이상에서 가장 높은 이득이었고 그 곳을 기점으로 점점 이득이 줄어드는 것으로 확인됨에 따라 수직 배열 안테나 간격은 $\lambda/2 < d < \lambda$ 사이로 결

정한다[5].

기지국 안테나는 다이폴이 5개일 때 다이폴 길이(L)와 간격(d) 변화에 따른 안테나 효율성이 표 1과 같다.

표 1은 다이폴의 길이와 간격이 변할 때 3dB 대역폭과 1st Side Lobe의 크기에 대해 나타낸 자료로 결과에 의하면 다이폴 길이(L)는 $\lambda/4$, 안테나 간격(d)은 λ 일 때 3dB 대역폭이 가장 좋지만 첫 번째 Side Lobe가 -32dB로 인근 셀과의 간섭 가능성이 있어 종합적으로는 비효율적이다. 반면 다이폴 길이(L)가 $\lambda/2$ 이고 안테나 간격(d)이 $\lambda/4$ 이면 $L=\lambda/4$ 일 때보다 이득은 낮으나 첫 번째 부엽이 우수하여 전체적으로 효율성은 가장 좋다. 따라서 수직 배열 안테나에서 다이폴의 길이는 $\lambda/2$, 안테나 간격은 $\lambda/4$ 로 설계한다[5].

표 1. 안테나 소자 길이, 간격에 따른 효율성 비교

Table 1. Antenna Element Length, Interval Comparison of Different Efficiency

길이(L)	간격(d)	3dB 대역폭	1 st 부엽
$\lambda/4$	$\lambda/2$	19.9°	-34dB
	$\lambda/3/4$	13.34°	-33dB
	λ	10°	-32dB
$\lambda/2$	$\lambda/3/4$	13°	-34dB
	λ	9°	-33.5dB
$\lambda/3/4$	λ	8.5°	-32dB

2. 실험 및 결과

동일한 특성을 가진 두 개의 안테나를 0.75λ 간격으로 수직 배열하면 단일 안테나 대비 지향성이 어느 정도 증가하는지 검증하기 위해 두 가지 실험을 하고 측정값을 비교한다.

첫 번째 실험은 RF방식 증계기에 서비스 안테나로 야기 안테나 1개를 사용하여 정해놓은 지점마다 수신신호를 측정하는 것이다. 단일 안테나를 사용하였을 때 각 지점마다 수신신호 세기를 측정할 목적이며, 총 4개 지점(5m/10m/15m/ 20m)을 선정하였다.

두 번째 실험은 수직 배열 안테나를 사용하였을 때 단일 안테나와 같은 조건에서 수신신호 세기가 얼마나 향상 되었는지 확인하기 위함이며, 두 번째 실험까지 완료 되면 이후 데이터 비교를 통해 수직으로 배열한 안테나의 지향성향상을 검증한다.

실험을 위해 입력 신호는 -50~-60dBm이 인입될 수 있도록 입력 안테나의 방향과 위치를 선정하고 RF 증계기는 AGC기능을 사용하여 출력을 7dBm으로 고정시킨

다. 입력 신호가 -50~-60dBm 사이 불규칙적으로 인입 되더라도 출력이 7dBm에서 변화하지 않도록 해야 하며 서비스 안테나는 11dBi급 야기 안테나로 한다. 안테나와 증계기 셋팅이 완료되면 서비스 안테나로부터 각각 5m/10m/15m/20m 떨어진 지점에 상용 단말기로 수신 신호 전계강도를 측정한다. 이 때 측정 데이터의 신뢰성을 위해 측정 횟수는 총 5회, 품질 파라미터는 RSSI (Recieved Signal Strength Indicator)와 RSRP(Reference Signal Received Power) 두 가지 모두 사용한다. 그림 6은 이와 같은 실험의 목적과 조건을 모두 갖춘 단일 안테나 실험 구성도이다.

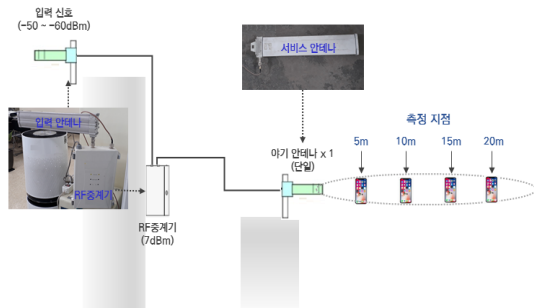


그림 6. 단일 안테나 실험을 위한 구성도
Fig. 6. Configuration for a single antenna experiment

실험 구성도와 같이 구성하고 기지국 입력신호와 증계기 출력을 GUI로 확인한 결과, 입력 신호는 -54dBm으로 인입 조건을 만족하였고 출력 역시 7dBm으로 고정됨을 확인하였다.

안테나에서 방사된 신호 세기 측정 방법은 스펙트럼 분석기를 이용한 방법과 휴대단말을 이용한 방법이 있다. 스펙트럼을 이용한 방법은 측정 지점에서 스펙트럼에 수신 안테나를 연결하여 전파를 측정하는 방법으로 신호의 파형과 실시간 전계강도를 볼 수 있으나 미약한 신호(-60dBm 미만) 측정에는 실효성이 부족하다. 반면 휴대단말을 이용한 측정 방법은 단말에 내장된 Debug Screen 기능을 이용한 방법인데 RSSI, RSRP 등 다양한 품질 파라미터를 dBm 단위의 숫자로 볼 수 있어 안테나 수신신호와 같이 미약한 신호 측정에 매우 유용하다. 따라서 본 실험에서는 단말의 Debug Screen 기능을 이용하여 수신신호 세기를 측정하였다.

단말을 이용한 측정 방법을 통해 단일 안테나로부터 5m/10m/15m/20m 떨어진 지점의 수신신호 세기를 측정하였으며, 데이터 신뢰도를 위해 횟수는 총 5회, 측정

시간은 10초로 하여 수행했을 때 표 2와 같은 실험 결과가 도출되었다.

표 2. 단일 안테나 실험 수신신호 세기 측정 결과
Table 2. Single Antenna Experimental Measurement Results

측정 횟수	측정 지점	수신신호 세기	
		RSSI	RSRP
1	5m	-71	-97
	10m	-78	-104
	15m	-81	-107
	20m	-84	-109
2	5m	-74	-99
	10m	-78	-104
	15m	-82	-110
	20m	-86	-112
3	5m	-72	-98
	10m	-80	-106
	15m	-83	-109
	20m	-86	-114
4	5m	-73	-98
	10m	-80	-106
	15m	-83	-109
	20m	-85	-112
5	5m	-73	-99
	10m	-79	-105
	15m	-82	-107
	20m	-83	-110
평균	5m	-72.6	-98.2
	10m	-79	-105
	15m	-82.2	-108.4
	20m	-84.8	-111.4

측정 결과의 평균값으로 보아 RSSI/RSRP 모두 5m지점 대비 10m지점에서 약 6~7dB 신호감쇠가 일어났고, 그 이후로는 약 3dB씩 신호가 감쇠됨을 알 수 있다.

두 번째 실험의 목적은 수직 배열 안테나를 사용했을 때 각 지점 별 수신신호 세기를 측정하고 첫 번째 실험 결과와 비교하는 것이다. 실험을 위한 안테나와 증계기 셋팅이 완료되면 서비스 안테나로부터 각각 5m/10m/15m/20m 떨어진 지점에 상용 단말기로 수신신호 세기를 측정한다. 여기서 서비스 안테나는 안테나 2개를 0.75λ만큼 간격을 두고 수직 배열하며 분배기부터 안테나까지는 20cm 길이의 동일한 급전선이 연결된다.

그림 7은 이와 같은 실험의 목적과 조건을 모두 갖춘 단일 안테나 실험을 위한 구성도이다.

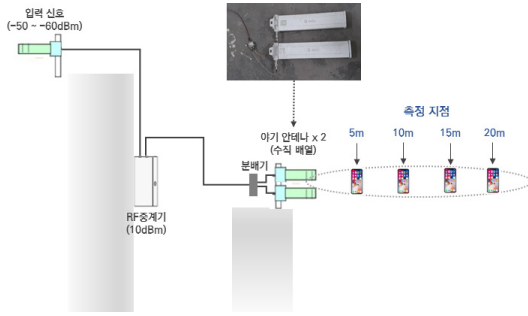


그림 7. 수직 배열 안테나 실험을 위한 구성도

Fig. 7. Configuration for Vertical Array Antenna Experiment

실험 구성도와 같이 구성하고 기지국 입력신호와 중계기 출력을 GUI로 확인한 결과, 입력 신호는-54dBm으로 인입 조건을 만족하였고 출력 역시 10dBm으로 고정됨을 확인하였다.

수직 배열 안테나 실험의 수신신호 세기 측정은 단일 안테나 실험과 동일한 조건인 단말 Debug Screen으로 하였다. 측정 지점도 마찬가지로 5m/10m/15m/ 20m 떨어진 지점으로 선정하였고 동일하게 RSSI, RSRP 모두 측정하였다.

표 3은 수직 배열 안테나 실험의 측정 결과이다. 측정 결과의 평균값으로 보아 RSSI/RSRP 모두 5m지점 대비 10m지점에서 약 5~6dB 신호감쇠가 일어났고 그 이후로는 약 3dB씩 신호가 감쇠되었다.

RSSI(Received Signal Strength Indicator)와 RSRP(Reference Signal Received Power)는 모두 단말에 수신된 신호 세기에 관한 파라미터이다.

하지만 RSSI는 밴드 내 수신된 모든 신호의 합을 계산하는 식을 가졌고 RSRP는 Reference Signal의 정보를 갖는 Resource Element의 평균값을 계산하는 식을 가졌다. 따라서 측정되는 전계강도의 수치 차이가 있을 수 있으나 수신신호 세기를 객관적으로 가늠하고 비교하기 위해 두 가지를 모두 다 사용한다.

표 3. 수직 배열 안테나 실험 수신신호 세기 측정 결과
Table 3. Vertical Array Antenna Experimental Measurement Results

측정 횟수	측정 지점	수신신호 세기	
		RSSI	RSRP
1	5m	-72	-97
	10m	-77	-104
	15m	-79	-107
	20m	-82	-110

2	5m	-71	-96
	10m	-76	-102
	15m	-78	-104
	20m	-81	-107
3	5m	-70	-97
	10m	-75	-101
	15m	-80	-106
	20m	-82	-109
4	5m	-73	-98
	10m	-78	-104
	15m	-80	-106
	20m	-81	-108
5	5m	-71	-96
	10m	-75	-102
	15m	-79	-105
	20m	-83	-109
평균	5m	-71.4	-96.4
	10m	-76.2	-102.6
	15m	-79.2	-105.6
	20m	-81.8	-108.6

표 4는 RSSI값으로 비교한 단일 안테나와 수직 배열 안테나의 수신신호 세기 차이이다.

표 4. 실험결과 RSSI 편차

Table 4. RSSI experimental results deviation

서비스 안테나	RSSI 평균[dBm]			
	5m	10m	15m	20m
단일 안테나	-72.6	-79	-82.2	-84.8
수직 배열 안테나	-71.4	-76.2	-79.2	-81.8
수신신호 세기 차이	1.2	2.8	3.0	3.0

실험 결과에 따르면 모든 지점에서 단일 안테나 대비 수직 배열 안테나의 신호 세기가 더 크다는 것은 알 수 있지만 모두 균등하게 큰 것은 아니었다. 5m지점에서 단일 안테나와 수직 배열 안테나의 차이가 불과 1.2dB로 이는 곧 단말이 안테나 반경 5m 이내 있을 경우 수직 배열 안테나의 지향성 효과가 미미하다고 해석할 수 있는 부분이다.

그러나 안테나와의 거리가 5m 이상 지점에서는 매 지점마다 수직 배열 안테나가 단일 안테나 대비 약 3dB 높게 측정 되었고, 해당 편차만큼의 도달거리 증가를 나타낸다.

표 5는 RSRP값으로 비교한 단일 안테나와 수직 배열 안테나의 수신신호 세기 차이이다.

표 5. 실험결과 RSRP 편차

Table 5. RSRP experimental results deviation

서비스 안테나	RSSI 평균[dBm]			
	5m	10m	15m	20m
단일 안테나	-98.2	-105	-108.4	-111.4
수직 배열 안테나	-96.8	-102.6	-105.6	-108.6
수신신호 세기 차이	1.4	2.4	2.8	2.8

RSSI값과는 측정 계산식이 달라 전계강도 범위는 다르지만 RSSI 편차와 매우 유사한 패턴이 나왔음을 알 수 있다. 즉, RSSI값과 마찬가지로 수직 배열 안테나의 지향성 증가 효과가 5m지점 이후에 나타났고 15m지점과 20m지점은 거의 동일하다.

RSSI와 RSRP 측정 결과에 의하면 수직 배열 안테나는 단일 안테나 대비 높은 지향성을 보이나 모든 지점에서 3dB 지향성 향상이 있는 것은 아니었다. 5m 이내 근거리에서는 1.5dB 이하의 차이를 보였으며 3dB 지향성 향상 효과는 5m 이상에서 확연하게 나타났다.

이에 따라 수직 배열 안테나를 사용하게 되면 단일 안테나를 사용했을 때보다 5m지점 이후부터 3dB만큼의 지향성 향상이 나타난다는 것을 알 수 있고 신호세기의 차이만큼 도달거리 증가도 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문은 인빌딩 시스템의 문제점을 제기하고 5G 인빌딩에서 좀 더 개선된 품질을 제공하고자 안테나 지향성 향상 방안과 실험을 통한 결과를 도출하였다.

첫 번째로 인빌딩 시스템의 문제점이 존재한다는 것을 나타내기 위해 인빌딩 시스템의 구조와 안테나의 역할, 특성을 분석하였고 두 번째로 안테나의 지향성을 늘릴 수 있는 방안을 제시하기 위해 안테나 전파 방사 이론에 입각한 기지국 섹터 안테나 지향 원리, 야기 안테나 구조 등을 연구하였다. 세 번째로는 제시된 방안을 검증하고자 단일 안테나를 2단으로 수직 배열하여 실험을 진행하였으며 측정된 결과를 가지고 지향성을 비교 하였다.

결론적으로 단일 안테나 대비 수직 배열 안테나가 지향성이 높다는 결과를 입증 하였는데 실험에 의한 측정 값으로는 안테나로부터 5m 떨어진 지점부터 약 3dB만큼 수신신호 세기가 향상됨을 알 수 있었다. 따라서 이와 같은 원리의 안테나 제작이 실제 이루어질 경우 5G 인빌딩 시스템의 신호 도달거리 증가와 구축 비용절감에 기

여할 수 있으며, 입력 안테나의 위치 선정 제한을 극복하고 건물 내 Edge부분까지 통신신호 품질을 보장하는 효과를 기대할 수 있다.

References

- [1] Lee Myung-Hwan, "The Concept and Strategy of 5G Building Services" Weekly ICT Trends, IITP, Vol. 1901, p2-9, 2019
- [2] Lee Sang-Geun, "Antena Applied Technology Course" Cheonggang College of Culture and Industry, p8-13, 2009
- [3] Baek Rak Jun, "A Study on the Development of High-Gain Antenna for Digital Mobile Communication in the Key Parts of Mobile Communications Project", Institute for Information Technology Advancement, p19-35, 1993
- [4] Kim Gun-Tae., "Design of 2.45GHz High-Energy Array Antenna", Journal of the Korean Electronic technical Society, vol. 7, p1334-1335, 2014
- [5] Lee Soo-Jung, "A Study on the Characteristics of Base Station Antenna for Mobile Communication" Collection of the Korean Electronics Engineering Association's Academic Conference, vol. 1, p30-33, 1996
- [6] Jowon Noh, Eungyoung Joh, Jintea Kim, Sunghwa Lee, "A Study on the Implementation of simple Portable Directional Finding System for 5G Mobile Communication", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC) Vol. 20, No. 3, pp25-30, Jun. 30, 2020. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246
DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2020.3.25>.

저 자 소 개

이 병 찬(정회원)



- 2020년 : 건국대학교 정보통신대학원 졸업(공학석사)
- 2001년 ~ 2018년 : (주)kt MOS
- 2018년 ~ 2021년 : (주)안세기술
- 관심분야 : 정보통신, 5G, IoT, Smart city

이 성 화(중신회원)



- 1989년 : 건국대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
- 1991년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1998년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1991년 ~ 1993년 : 롯데전자(주) 연구원
- 1999년 ~ 현재 : 제주한라대학교 컴퓨터정보과 교수
- 주관심분야 : AIoT, Mobile, AI

김 진 태(정회원)



- 1991년 : 건국대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
- 1993년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1999년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 2004년 ~ 현재 : (주)파이브텍 대표이사
- 1999년 ~ 현재 : 건국대학교 정보통신 대학원 정보통신학과 겸임교수
- 관심분야 : Real-Time System and Mobile IoT System