

소규모 폐쇄 환경에서 스몰 셀을 연계한 이동통신 전파환경 개선방안

(Measures to improve mobile communication propagation environment by linking small cells in a small closed environment)

김영진*, 채범석**, 김형진***

(YounGjin kim, Beomseok Chae, HyungJin kim)

요약

본 논문에서는 소규모 폐쇄 환경에서 스몰 셀을 이용하여 이동단말의 수신 전파환경을 개선하고 수신 전계를 일정하게 유지 시키는 방안을 제안한다. 스몰 셀의 효율적인 통신 인프라 구성을 위해 이더넷 기반 무선 영상 녹화시스템의 무선 송·수신 양단을 L2 스위치를 사용하여 연계한다. 수신 측 L2 스위치에 연결된 스몰 셀은 무선 영상녹화 시스템의 무선 네트워크 구간을 공유하여 송신 측 L2 스위치에 연결한다. 그 이후 인터넷망을 통하여 스몰 셀의 관리시스템인 FMS에 정상적으로 연동되면 스몰 셀의 출력을 확인한다. 결과 검증을 위해 전파환경이 열악한 건물 내부의 승강기에 제안 네트워크를 구성하고 승강기가 운행되는 구간의 스몰 셀 적용 전, 후 전파환경을 측정한다. 결과적으로 승강기 전 구간에서 전파환경의 주요 파라미터가 개선됨은 물론 이동하는 승강기 내에서 일정한 수신 전계 강도를 유지한다.

■ 중심어 : 스몰 셀 ; 무선 영상녹화시스템 ; 전파환경 ; 경로 손실 ; 전력제어

Abstract

This paper proposes a plan to improve the reception radio environment of the mobile terminal and maintain a constant reception electric field by using small cells in a small closed environment. In order to configure an efficient communication infrastructure for small cells, both ends of wireless transmission and reception of an Ethernet-based wireless video recording system are connected using an L2 switch. The small cell connected to the receiving side L2 switch shares the wireless network section of the wireless video recording system and connects to the transmitting side L2 switch. After that, when it is normally linked to FMS, a management system for small cells, through the Internet network, the output of small cells is checked. In order to verify the results, a proposed network is formed on the elevator inside the building with a poor radio wave environment, and the radio wave environment is measured before and after the small cell application in the section where the elevator operates. As a result, the main parameters of the radio wave environment in all sections of the elevator are improved, as well as a constant receiving electric field strength within the moving elevator.

■ keywords : Small Cell ; Wireless Video Recording System ; Radio Environment ; Path Loss ; Power Control

I. 서론

급증하는 모바일 트래픽 환경에서 매크로 셀 커버리지만으로 이상적인 이동통신 서비스 환경

을 구현하기 어렵다. 또한 이동통신 서비스는 5G 세대로 진화와 더불어 다양한 이기종 망(Hetnets: Hetero-geneous Networks)이 혼재된 네트워크 형태를 가진다.

* 학생회원,

** 정회원,

이 논문은 2023년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2000-0000000).

접수일자 : 2023년 11월 07일

게재확정일 : 2024년 01월 17일

수정일자 : 2024년 01월 02일

교신저자 : 채범석, 김형진 e-mail : cbshero@jbnu.ac.kr, kim@jbnu.ac.kr

이기종 망은 [그림 1]과 같이 매크로 셀의 경계나 전파 음영지역에 스몰 셀(마이크로 셀, 피코 셀, 펌토셀 등)을 추가하는 구조이다. 그럼으로써 매크로 셀에 집중되는 모바일 트래픽을 분산 및 전파 음영지역 개선과 동시에 체감속도를 높여 다양한 서비스를 제공한다. 그러나 매크로 셀의 음영지역에 설치되는 스몰 셀은 통신인프라 제공이 어렵고, 다수의 셀 밀집에 따른 간섭이 발생하는 단점이 있다.

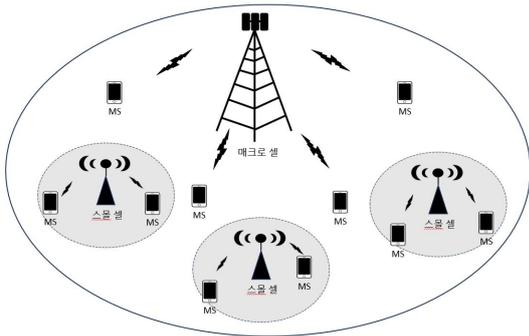


그림 1. 매크로 셀과 스몰 셀의 개념

안정적인 이동통신 서비스를 위해 이동단말에서 기지국 수신 전계 강도를 일정하게 유지시키는 전파환경이 가장 중요하다. 그러기 위해 송·수신 전파 경로 손실을 최소화 해야 한다. 따라서 경로 손실을 최소화하면서 트래픽 분산에 효과적인 스몰 셀 구성이 유리하다[1-6].

본 논문에서는 승강기와 같은 소규모 폐쇄 환경에서 스몰 셀을 이용하여 이동단말의 수신 전파환경을 개선하고 수신 전계를 일정하게 유지시키는 방안을 제안한다. 스몰 셀의 효율적인 통신 인프라 구성을 위해 이더넷 기반 무선 영상녹화시스템의 무선 송·수신 양단을 L2 스위치를 사용하여 연계한다. 수신 측 L2 스위치에 연결된 스몰 셀은 무선 영상녹화 시스템의 무선 네트워크 구간을 공유하여 송신 측 L2 스위치에 연결한다. 그 이후 인터넷망을 통하여 스몰 셀의 관리시스템인 FMS(Facility Management System)에 등록하고, 정상적으로 연동되면 스몰 셀의 상태조회 및 운용제어가 가능하다.

결과적으로 별도의 통신인프라 제공 없이 스몰 셀 네트워크 구성이 가능하다. 또한 이동하는 승강기

내부에서 일정한 수신 전계 강도를 유지함에 따라 승강기 전 구간에서 전파환경의 주요 파라미터가 개선된다.

II장에서 이동통신 서비스 특징 및 관련 연구를 설명한다. III장에서는 효과적인 스몰 셀 통신 인프라 제공을 위한 무선 영상녹화 시스템과 연계 방안을 제안한다. IV장에서는 제안한 스몰 셀 적용 전·후 평가 및 분석을 하고, V장에서 결론을 내린다.

II. 이동통신 서비스 특징 및 관련연구

2.1 이동통신 경로 손실 및 전력제어

전파경로 손실(PL: Path-Loss)이란 전자기파가 공간을 통해 전파되면서 송신 전파의 전력밀도가 점차 감소 됨을 의미한다. 일반적으로 무선 통신 및 신호 전송에 통용되며, 공간 손실, 굴절, 회절, 반사, 흡수, 다중 경로 등 다양한 전파환경 요소를 경로 손실 산출에 반영한다.

이동통신 서비스에서도 이동단말과 매크로 셀 기지국과의 전송 거리 및 경로상의 다양한 전파 환경에 따라 전파경로 손실이 다르다. 따라서 다양한 전파환경에 따라 기지국 수신 전계 강도가 달라지며, 기지국 수신 전계 강도 또한 일정하게 유지하기 어렵다[7][12].

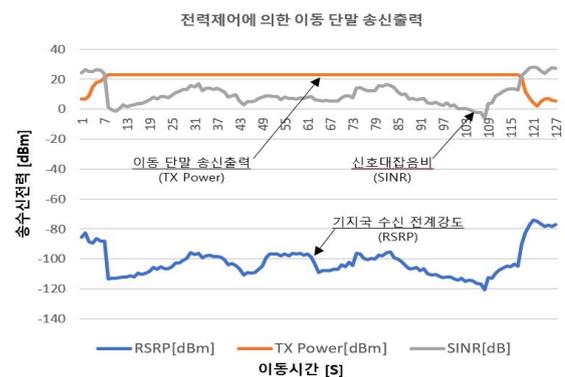


그림 2. 전력제어에 의한 이동단말의 송신출력

이동단말은 [그림 2]과 같이 불규칙한 기지국 수신 전계 강도에 따라 매크로 셀에 보내는 송신 전력을 달리하는데, 이 제어 명령은 매크로 셀에

서 실행한다. 즉, 이동단말은 매크로 셀에서 전송한 참조 신호의 수신전력을 통해 경로 손실을 계산한다. 그리고 매크로 셀에서 수신전력 보정을 위해 전송한 전력제어 명령을 반영하여 기지국으로 전송하는 송신 전력을 제어한다[8][9]. 결과적으로 전력제어는 경로 손실이 적고 기지국 수신 전계 강도가 크면 이동단말의 송신 출력은 낮게 한다. 그리고 반대의 경우에는 이동단말의 송신 출력은 높게 한다. 또한 기지국 수신 전계 강도가 임계 레벨 이하인 구간에서는 이동단말의 송신 출력이 최대가 된다. 특히 수신 전계 강도가 낮은 건물 내부에서 그 현상이 더욱 심하다.

2.2 이동통신 품질개선을 위한 연구

이동통신 서비스 품질에 관한 연구로 매크로 셀과 스몰 셀이 공존하는 다운 링크 상황에서 전파 거리에 따른 경로 손실 모델(PL)은 아래와 같다.

$$PL[dB] = P_0 - 10n \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_\sigma \quad (1)$$

- P_0 : 기준신호의 수신전력
- d : 송·수신 사이의 거리
- d_0 : 기준거리
- X_σ : 반사, 회절, 산란 등에 의한 손실값으로 표준편차 σ 인 랜덤 가우시안 값
- n : 전파환경의 영향을 받는 경로 손실 지수로 자유공간에서 2 값을 가지고, 실내에서는 1.6~3.5 값을 가진다. 그리고 n 이 클수록 전파환경이 좋지 않음을 의미한다[9][12].

수식 (1)을 기초로 실제 적용 가능한 경로 손실 모델을 정의하면 매크로 셀과 건물 내부에 있는 이동단말 간의 경로 손실이 주요하며, 수식 (2)와 같이 나타낸다. 수식 (2)는 매크로 셀과 건물 내부에 있는 이동단말 사이에 건물의 벽 침투 손실(L_{OPL})을 추가한 개념이다.

$$PL[dB] = P_0 - 10n \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_\sigma + L_{OPL} \quad (2)$$

- L_{OPL} : 벽 침투 손실

• d : 매크로 셀과 건물 내부 이동단말 간 거리
위의 식에서 알 수 있듯이 이상적인 전파환경 구성을 위해서는 경로 손실과 벽 침투 손실을 최소화해야 한다. 그러기 위해 벽이나 장애물을 통과하여 이동단말에 전달되는 매크로 셀의 전파환경 보다는, 이동단말에 직접 또는 장애물을 최소화하여 전력 전송이 가능한 스몰 셀 적용이 경로 손실 최소화에 더 유리하다.

매크로 셀 및 스몰 셀과 이동단말 간의 전파장애 요소 및 벽 침투 손실을 최소화하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 전파환경이 가장 열악하고 기지국 수신 전계 강도 변화가 심한 건물 내부 승강기의 이동통신 서비스 품질 개선에 대한 여러 방안을 제시한다.

첫 번째는 외부 매크로 셀 안테나를 통해 건물 내부에 직접적으로 전파를 조사하여 수신 전파환경을 개선하는 방식이다. 두 번째는 건물 내부에 매크로 셀을 설치하고 각 층 천정에 실내형 안테나를 구성하여 전파를 인가하는 방식이다. 세 번째는 승강기 이동 범위의 승강로 상·하부에 서비스안테나를 고정하여 승강기에 직접 전파를 조사하는 방식이다. 네 번째는 승강기 내부로 직접 케이블을 인입하여 내부에 설치된 서비스안테나를 통해 전파를 인가하는 방식이다[13][14].

첫 번째와 두 번째 방식은 건물의 구조나 승강기 재질에 따라 전파 투과율이 달라서 승강기 내부 전파환경 개선이 어렵다. 그리고 세 번째 방법은 승강로 상·하부에 안테나 설치 및 유지보수 등의 문제와 승강기 재질 및 위치에 따라 수신 전계가 다르다. 네 번째 방식이 승강기 내부의 일정한 수신 전계 강도 유지를 위한 가장 효율적인 방법이다. 그러나 운용 시 인입케이블의 끊어짐이나 기존 케이블과 영킹 사고 및 승강기 내부로의 케이블 인입에 대한 안전 문제가 있다. 제안하는 시스템은 네 번째 방식의 유선케이블 구간을 무선안테나 방식으로 개선 함으로써, 기존 문제점을 개선하고 승강기 내부의 안정적인 수신전계 확보에 용이하다.

Ⅲ. 제안하는 시스템 설계

3.1 설계 구성도

본 논문에서는 [그림 3]와 같이 전파환경 개선 및 일정한 수신 전계 강도 제공을 위해 건축물에 구축되거나 운용 중인 승강기 내에 스몰 셀을 구성한다. 네트워크 구성은 무선 영상녹화시스템의 무선 송·수신 양단을 L2 스위치를 사용하여 연계한다. 수신 측 L2 스위치에 연결된 스몰 셀은 무선 영상녹화 시스템의 무선 네트워크 구간을 공유하여 송신 측 L2 스위치에 연결한다. 그 이후 인터넷망을 통하여 스몰 셀의 관리시스템인 FMS에 등록한다. 이후 기지국 구성정보 자동설정 기능(신규 스몰 셀 구성 및 인터페이스, OAM연동, PCI설정)과, 기지국 운용정보 자동설정기능(핸드오버 파라조정, RACH 및 ES자동최적화)를 통해 동일 네트워크 내의 다수의 셀간 간섭제어 및 확장성이 용이하다.

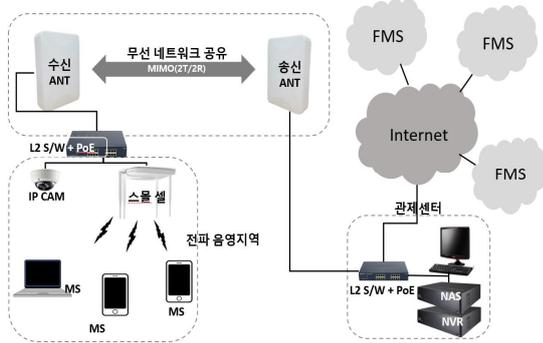


그림 3. 제안된 시스템의 구성도

모든 연계가 완료되고 스몰 셀 출력이 정상일 때 경로 손실 모델 수식 (2) 조건에서 벽 침투 손실(L_{OPL})이 최소화 조건이 된다. 따라서 일정한 기준신호의 수신전력(P_0)과 짧은 송·수신 거리(d)가 가능하다. 무엇보다 반사, 회절, 산란 등에 의한 랜덤 가우시안 값(X_o)을 최소화한다.

3.2 인터넷과 연동

무선 영상녹화시스템은 [그림 4]와 같이 영상

및 데이터를 저장 및 전송하기 위한 카메라, 저장장치 등으로 구성된 시스템이다. 일반적인 영상녹화 시스템과 차이점은 기존의 유선 케이블 구간을 무선 송·수신 안테나로 구성한다. 또한 무선 송·수신구간을 이더넷 기반으로 데이터 전송이 가능하다. 따라서 유선 인프라가 없고 선로 구성이 어려운 환경에서도 별도의 선로 없이 통신 네트워크 구성이 가능한 시스템이다.



그림 4. 무선 영상녹화시스템

무선 영상녹화시스템의 송·수신 안테나 제원은 표 (1)와 같다. 송·수신 안테나는 IEEE802.11AC 표준을 사용하고, 전송효율 향상과 간섭제어를 위한 MIMO(Multi Input Multi Output) 기술을 사용한다. 또한 무선 송·수신 구간의 사용주파수는 2.4GHz 및 5GHz의 ISM(Industry Science Medical) 대역을 사용하여 채널 이중화에 따른 안정된 무선 채널을 제공한다.

표 1. 무선 송수신 안테나 시스템 제원

| 구분 | 송신안테나 | 수신안테나 |
|--------------------|---------------------------------------|--------------|
| System Interface | Ethernet | Ethernet |
| System Ethernet | GIGA 2Port | |
| System Input Power | Passive PoE 48V (IEEE802.3af/at) | |
| Power Consumption | 12W | |
| Radio Standard | IEEE802.11AC | IEEE802.11AC |
| Radio Antena | MIMO(2T/2R) | |
| Radio Frequency | 2.4 / 5.0Ghz Dual Band | |
| Radio Range | Max 700m | |

무선 영상녹화 시스템은 제안하는 시스템에서 송·수신 안테나 구간을 공유해 주며, 이를 활용하여 별도의 통신인프라 제공 없이 스몰 셀 네트워크 구성이 가능하다. 그럼으로써 스몰 셀의 통신 인프라 구성의 문제점을 개선하고 안정적인 운용이 가능하여 다양한 형태의 소규모 폐쇄 환경에 적용이 용이하다.

3.3 스몰 셀 구현

3.3.1 스몰 셀

비교분석의 용이성을 위해 LTE 스몰 셀을 사용하여 실험 네트워크를 구현한다. 스몰 셀은 100mW 내외의 낮은 송신 전력을 사용하여 수십 미터 인근의 이동통신 서비스를 제공하는 초소형 기지국이다. 이동통신 트래픽을 유선 인터넷망을 통해 분산처리 하므로 매크로 셀의 부하를 경감하고 전파 음영지역을 개선한다. 또한 셀을 작게 구성하고 주파수 재사용률을 극대화하여 저렴한 비용으로 고속 대용량 서비스가 가능하다. 특히 인접 기지국의 운영정보를 자동으로 최적화함으로써 기지국 용량을 증대 및 음영지역 개선이 가능한 SON(Self Organizing Network) 기술이 적용된다.

SON 기술은 기지국 신설시 각종 기지국 구성 파라미터를 자체적으로 설정하는 기지국 구성 자동 설정 기술과 인접 기지국 간 트래픽 정보를 활용하여 기지국 출력을 제어한다. 그리고 핸드오버 파라미터를 최적화하는 기지국 운용 자동 최적화 기술을 포함한다[10][11].

설계 네트워크를 구성하고 표 (2)과 같이 LTE 기반의 스몰 셀의 FMS 등록을 위한 지정된 설정값을 입력한다. 입력값은 스몰 셀의 셋업모드 (Setup mode)에서 WAN정보, Security Gateway정보, FMS의 IP주소 및 URL 정보를 입력한다. FMS에 등록된 스몰 셀 정보는 매크로 셀에서 관리하는 스몰 셀들의 고유 식별코드를 통하여 네이비리스트로 관리한다.

표 2. 스몰 셀의 FMS 연동을 위한 설정값

| 구분 | 설정 값 |
|---------------------|---------------------------|
| WAN IP | DHCP |
| External IP | 192.168.10.2 |
| Subnet Mask | 255.255.255.0 |
| Default Gateway | 127.0.0.1 |
| Security Gateway IP | 211.44.225.251 |
| FMS URL | http://192.168.50.75:8547 |
| Mobile Station | 모델명 : SM-S908N |

FMS에 입력된 설정값은 [그림 5]과 같이 정보 모드(Information mode)에서 확인하고 FMS와 정상 연동 여부 및 최종 장비단의 출력을 확인한다. 또한 실시간 상태감시와 불량여부 확인 및 조치가 가능하다.



그림 5. LTE 스몰 셀 WAN IP 입력 모드

3.3.2 스몰 셀 핸드오버 및 품질측정

FMS에 연동된 스몰 셀은 매크로 셀의 네이비리스트에 등록된다. 즉, 매크로 셀 기지국은 커버리지 내의 모든 스몰 셀 구분을 위해 식별코드 (PCI: Physical Cell Identity)가 포함된 네이비리스트를 관리한다. 그리고 핸드오버를 위해 변경된 스몰 셀 식별코드를 네이비리스트에 항상 추가하고, 단말에서 보내온 측정정보를 포함하여 이동단말에 다시 전송한다. 이동단말은 접속상태에서 네이비리스트에 존재하는 스몰 셀의 신호세기 및 품질측정 결과를 매크로 셀로 전송한다. 이때 매크로 셀은 이동단말에서 보내온 측정정보 값이 핸드오버 조건이 되는지 확인한다. 해당 정보 값이 핸드오버 조건이 되면 스몰 셀 식별코드를 통해 해당되는 이동단말을 감지한 후 핸드오버를 처리한다.

이동통신 서비스 품질을 나타내는 주요 파라미터는 수신 신호의 전파강도를 나타내는 수신전

력(RSRP : Reference Signal Received Power), 단말의 송신 출력을 나타내는 송신 전력(Tx Power(dBm)), 신호대비 잡음비를 나타내는 신호대잡음비(SINR : Signal to Interference plus Noise Ratio)로 나타낸다. 또한 이동단말은 기지국 참조신호를 기준으로 경로손실 및 전송전력을 계산하고, 기지국에서 전송된 TPC(Transmit Power Control) 만큼 보정된 전력을 다시 기지국으로 전송한다. 기지국은 PUSCH/PUCCH를 통해 전달된 이동단말의 요구전력을 TPC(Transmit Power Control) Command의 지속적 송·수신을 통하여 전력제어를 수행한다.

결과적으로 경로 손실 모델을 기준으로 이동단말에서 측정된 스몰 셀의 수신전력은 이동단말의 송신 전력과 직접적인 연관이 있다. 그리고 신호대잡음비를 포함한 주요 파라미터 측정은 DM(Diagnostic Monitoring) 프로그램을 통해 확인한다[8].

IV. 평가 및 분석

제안한 스몰 셀의 적용 전, 후 데이터의 비교 및 분석이 용이하고 수신 전파환경이 가장 열악한 건물 내부의 승강기에 적용한다. 또한 승강로 전 구간에 대한 승강기 내부 수신 전계 강도 및 전파환경 분석을 위해 DM 프로그램을 사용한다. 그리고 측정된 DM 데이터에서 주요한 파라미터인 수신전력, 송신 전력, 신호대잡음비 등의 데이터 값을 기준으로 스몰 셀 서비스 전, 후 전파환경을 분석한다.

4.1. 스몰 셀 출력 분석

스몰 셀 실험환경을 위해 표 (2)과 같이 WAN IP, EXT IP, Sec Gateway IP 등을 입력한다. 그리고 최종 FMS URL 주소를 입력한 후 정상적으로 연동됨을 확인하고 장비의 출력 및 전파환경을 DM 프로그램을 활용하여 측정한다.

DM 측정 결과 승강로 전 구간에 걸친 이동단

말의 Tx Power는 [그림 6]와 같다. 스몰 셀 서비스 전에는 수신 전계가 약함에 따라 기지국 전력 제어에 의한 이동단말의 송신 출력이 23dBm(최고 출력)으로 과 출력이 발생한다.

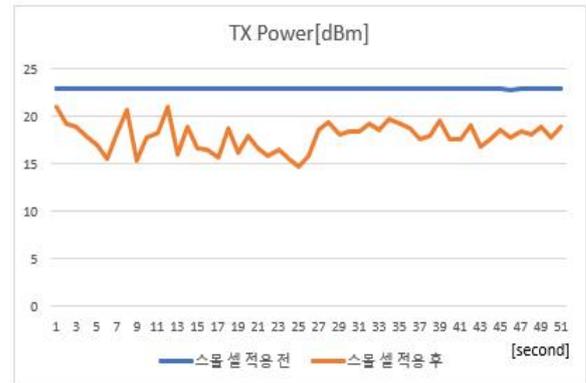


그림 6. 승강기 내부 단말의 Tx Power[dBm]
또한 임계치 이하 수신전력 구간에서는 송신 전력의 측정 불가능 영역도 발생한다. 스몰 셀 서비스 후에는 이동단말의 송신 출력이 승강로 전 구간에 걸쳐 일정(평균 출력 17.92dBm)하게 발생한다. 그럼으로써 양호한 서비스 품질과 스몰 셀 적용 전 대비 평균 출력이 5.07dBm (8.69%) 개선되어 일정하게 나타난다.

기준신호의 평균 수신전력의 크기를 나타내는 RSRP의 측정데이터는 [그림 7]과 같다. 이 값은 채널 상태에 따른 송·수신간의 경로 손실을 나타내며, -90dBm 이하가 양호한 값이다.

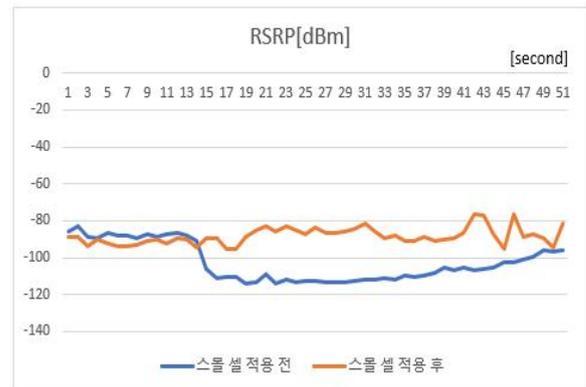


그림 7. 승강기 내부 단말의 RSRP[dBm]

시작점에서 15초 사이에는 승강기 입구부에서의 외부에서 유입 신호의 영향으로 성능변화가 적었다. 이후 구간에서 스몰 셀 적용 후 평균 RSRP가 -14.34dBm(13.97%)만큼 개선되고, 이 값은 시스

템 출력기준 경로 손실이 -14.34dBm 감소함을 나타낸다. 무엇보다 스몰 셀 전력이 이동단말에 직접 인가됨으로써 승강기가 운행되는 전 구간의 수신 전계가 일정하게 유지됨을 나타낸다.

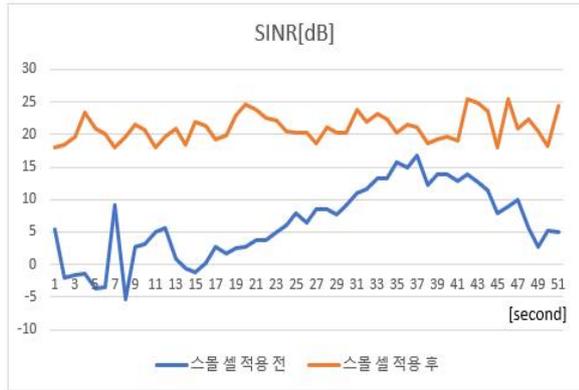


그림 8. 승강기 내부 단말의 SINR [dB]

신호대잡음비를 나타내는 SINR은 [그림 8]과 같이 스몰 셀 적용 전 대비 측정하는 전 구간에서 평균 -14.68dB(136%) 개선된다. 이 값은 기준 신호대비 잡음의 비가 일정하게 유지됨으로써 일반적인 상용망에서 다운로드 속도 및 송신 전파환경이 -14.68dB 개선됨을 의미한다.

스몰 셀 적용 전, 후의 변화된 전파환경을 측정 한 결과는 표 (3)과 같다. 결과적으로 스몰 셀 서비스에 따른 전파환경 개선으로 이동통신 서비스의 주요 파라미터인 Tx Power, RSRP, SINR 값이 모두 개선됨을 확인한다.

표 3. 스몰 셀 적용 전, 후 DM 측정 결과

| 구분 | | TX Power[dBm] | RSRP[dBm] | SINR[dB] |
|--------|---------|---------------|---------------|---------------|
| Before | Minimum | 22.82 | -114.38 | -5.3 |
| | Maximum | 23 | -82.64 | 16.73 |
| | Average | 22.99 | -102.63 | 6.31 |
| After | Minimum | 14.67 | -95.45 | 18.03 |
| | Maximum | 21 | -76.27 | 25.34 |
| | Average | 17.92 | -88.29 | 20.99 |
| Gap | Minimum | 8.15 | -18.93 | -23.33 |
| | Maximum | 2 | -6.37 | -8.61 |
| | Average | 5.07 | -14.34 | -14.68 |

V. 결론

본 논문에서는 소규모 폐쇄 환경에서 스몰 셀을

활용하여 이동단말의 수신 전계 강도를 일정하게 유지 시키는 방안을 제안했다. 결과 검증을 위해 스몰 셀의 적용 전, 후 데이터를 비교 및 분석이 용이하고 수신 전파환경이 열악한 건물 내부의 승강기에 구성했다. 그리고 승강기 전 구간에 걸쳐 변화된 전파환경을 DM 프로그램을 사용하여 측정했다. 측정 결과 무선 영상녹화시스템의 성능을 유지하면서도 전파환경의 주요 파라미터인 Tx Power는 평균 출력이 5.07dBm(8.69%) 감소 되고, RSRP 값으로 유추한 경로 손실은 -14.34dBm(13.97%), SINR은 -14.68dB(136%) 개선됨을 확인했다. 무엇보다 이동하는 승강기 내에서 일정한 수신 전계 강도를 유지함으로써 전파환경의 주요 파라미터도 안정적으로 유지했다.

향후 연구에서는 약 전계 지역이 광범위한 해양에서 이동하는 선박 내부의 이동통신 서비스 품질 개선을 위해 스몰 셀을 이용하여 적용 전, 후 전파환경 변화를 연구할 예정이다.

REFERENCES

- [1] F. D. Diba, M. A. Samad, and D. -Y. Choi, "Centimeter and Millimeter-Wave Propagation Characteristics for Indoor Corridor: Result From Measurements and Models," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 15 8726-158737, Nov. 2021.
- [2] T. S. Rappaport, Y. Xing, O. Kanhere, S. Ju, A. Madanayake, S. Mandal, A. Alkhateeb, and G. C. Trichopoulos, "Wireless communications and applications above 100 ghz: Opportunities and challenges for 6g and beyond," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 78729-78757, Jun. 2019.
- [3] O. Kanhere and T. S. Rappaport, "Position location for futuristic cellular communications: 5g and beyond," vol. 59, no. 1, pp. 70-75, Jan. 2021.
- [4] Hong Cheng, Shengjie Ma, Hyukjoon Lee, "CNN-Based mmWave Path Loss Modeling for Fixed Wireless Access in Suburban Scenarios," *IEEE Antennas and wireless Propagation Letters*, Vol. 19, Issue 10, pp. 1694-1698, Oct. 2020.
- [5] Seomin Yang, Hyukjoon Lee, "3D Wave Propagation Loss Modeling in Mobile Communication using MLP's Function Approximation Capability," *The Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, pp. 1145-1148, 1999,
- [6] 권동승, 나지현, "5G 스몰셀 기술 및 활용 기술 동

- 향,” 한국전자통신연구원 전자통신동향분석, 제37권, 제 2호, 83-94쪽 2022년 4월
- [7] 양준혁, 진우빈, 서민규, 김현진, 이혁준, 홍정, “도시 지에서의 CNN 기반 5G 밀리미터파 경로손실 모델,” 한국정보과학회 한국컴퓨터종합학술대회, 2095-2097쪽, 2021년
- [8] 김대익, 나지현, 이상호, “소형셀 기지국에서 하향링크 경로손실 추정 기반 상향링크 전력제어 기술,” 한국통신학회 동계종합학술발표회, 1169-1170쪽, 2018년
- [9] 김형중, 최동유, “5G 주파수 대역에서의 실내 복도 전파 경로손실 측정 및 분석,” 한국정보통신학회 논문지, 제26권, 제4호, 688-693쪽, 2022년 5월
- [10] 권동승, 나지현, “Self-organizing network에서 기계학습 연구동향-1,” 전자통신동향분석, 제35권 제4호, 103-114쪽, 2020년
- [11] 이성우, “해상무선통신환경에서 위성통신 전파경로 손실에 따른 인마셋 중계기의 설계 및 성능분석,” 청주대학교 대학원 전자공학과 박사학위논문, 2015년 02월
- [12] 이은지, 박경민, 김성철, “다중 경로 모델 기반 2.4G Hz 실내 경로 손실 추정,” 한국통신학회, 하계종합학술발표회, 제35권 제5호, 0364-0365쪽, 2019년
- [13] 조평동, 최문환, 이상무, “승강기내 무선통화를 위한 구내 선로설비 설치 동향 분석,” 한국전자통신연구원 전자통신동향분석, 제35권 제5호, 0478-0481쪽, 2013년
- [14] 임병철, 정기범, 정연춘, “이동 통신 중계기 설치를 통한 승강기 시스템의 전자파 환경 개선,” 한국전자과학회지, 제22권 제11호, 1125-1131쪽, 2011년 11월



김영진(정희원)

2021년 전북대학교 정보보호공학과 석사 졸업.
2023년 전북대학교 IT응용시스템공학과 박사과정.

<주관심분야 : AI, Mobile Telecommunication, Infosec>



채범석(정희원)

2021년 전북대학교 정보보호공학과 석사 졸업.
2023년 전북대학교 IT응용시스템공학과 박사과정.

<주관심분야 : AI, Infosec, Soft Computing>



김형진(정희원)

1999년 군산대학교 정보통신공학과 석사 졸업.
2004년 군산대학교 정보통신공학과 박사 졸업.

<주관심분야 : Wireless Sensor and Ad hoc Network, IoT, Smart City, Multimedia System, AI>