

01

chapter

5G 인빌딩 서비스의 개념과 도입 전략



이명환 || (주)SK텔레콤 매니저

이대영 || (주)SK텔레콤 매니저

전현철 || (주)SK텔레콤 매니저

5G 상용화 이후 관련 기술 및 성능에 관심이 집중되고 있는 상황에서 5G 경쟁력 및 차별성을 기반으로 진화된 스마트 오피스 확산을 위해서는 5G 인빌딩 서비스의 개념과 핵심 기술에 대한 이해를 통한 전략적 접근이 필요하다. 건물의 구조 및 제공 서비스에 따른 비용 효율적인 인빌딩 망설계 및 목표 성능에 최적화된 네트워크 솔루션 투자에 대한 고려 없이는 투자 대비 높은 네트워크 체감 품질을 기대하기 힘들기 때문이다. 본 고에서는 실내 5G 네트워크 구축 전략을 수립하기 위해, 5G 인빌딩 망설계 기술 및 5G 인빌딩 네트워크 솔루션에 대해 설명하고, 최신 5G 인빌딩 망설계 SW와 네트워크 솔루션 구조의 비교 분석을 통해 5G 인빌딩 서비스 도입을 위한 전략을 제시한다.

I. 서론

전 세계적으로 5G에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데, 2019년 4월 3일 우리나라에서 세계 최초로 5G가 상용화되었다. 초기 5G 서비스는 실외에 집중되었지만 곧 서비스 만족도를 높이기 위해 현대인들이 하루 8시간 이상 체류하는 사무용 오피스 등 실내 5G

* 본 내용은 이명환 매니저(☎ 010-2554-3666, myounghwan.lee@sk.com)에게 문의하시기 바랍니다.

** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

통신 성능을 높이기 위한 투자가 시작될 것이다. 그리고 5G 서비스가 성숙한 이후에는 전체 5G 트래픽의 80% 이상이 건물 내에서 발생할 것으로 예상됨에 따라 실내 5G 대용량 서비스를 제공할 수 있는 망구성이 매우 중요해질 것이다[1].

최근에는 건물의 가치 증대를 위해서 보안, 냉난방, 승강기 관리 등에 IoT 기술을 활용한 다양한 서비스를 제공하는 스마트 오피스로의 진화에 대한 시도들이 있고 이런 서비스들은 건물 내 무선망을 통해서 이루어지므로 건물주나 건물 관리 업체의 입장에서도 실내 통신 서비스는 임대료 책정 및 공실 방지 측면에서 매우 중요하다. 특히, 세계적인 공유 오피스 제공 업체인 WeWork는 BaaS(Building as a Service)를 표방하며 IoT 서비스 및 빅데이터(Big Data) 분석을 강조하고 있다. 이는 ICT 기술을 활용한 편의 서비스 제공을 통해 추가 수익 창출이 가능하고 에너지 효율 관리 및 보안 서비스에 의해 효율적인 자산 관리가 가능할 뿐만 아니라 건물 안에서 생산되는 빅데이터 분석을 통해 고부가가치를 갖는 새로운 비즈니스 모델 개발도 가능하기 때문이다.

하지만 건물주 입장에서는 5G 기술 도입에 의한 실내 통신 성능 개선을 위한 투자의 경우 바로 수익 창출로 직결되는 부분이 아니기 때문에 네트워크 구축의 경제성을 우선적으로 고려해야 한다. 그리고 최신 건축 공법이 적용된 요즘 건물들의 경우 유리, 철재 자재가 흔히 사용되며, 이는 무선 통신에 우호적인 환경이 될 수 없으며, 이에 따라 폭증하는 네트워크 트래픽에 대비하기 위해 5G 주파수 특성에 따른 건축 자재들의 무선 투과/반사율을 고려한 네트워크를 설계해야 한다. 이런 네트워크 설계 전략을 기반으로, 건물의 구조 변경 및 제공 서비스까지 고려한 비용 효율적인 실내 네트워크 구축 방안을 마련해야 한다.

본 고에서는 이런 제반 사항을 고려하여 최소의 비용으로 최대 커버리지를 가지는 실내 5G 네트워크 구축 전략을 수립하기 위해, 우선 II장에서 최신 5G 인빌딩 망 설계 기술의 주요 성능 특성 및 5G 인빌딩 네트워크 솔루션의 개념과 구성을 살펴보고, 해당 개념을 기반으로 III장과 IV장에서는 시장에 나와 있는 5G 인빌딩 망 설계 SW와 네트워크 솔루션의 구조를 비교 분석한다. V장에서는 이런 분석 결과를 통해 5G 인빌딩 서비스 도입을 위한 전략을 제시한다.

II. 5G 인빌딩 서비스의 개념과 구성

5G 네트워크가 실외에 지속적으로 구축되어 5G 성능이 점차 안정화되고 있지만 건물로 투과되는 신호만으로는 실내에서 안정화된 5G 서비스를 이용할 수 없는 상황이다. 그러므로 실내에서 발생하는 신호를 외부로 전달하고 실외의 신호를 내부로 전달해 주는 5G 인빌딩 서비스는 5G 서비스의 성공을 위해 필수적인 요소이다. 5G 인빌딩 서비스는 다양하게 정의할 수 있으나, 본 장에서는 목표 통신 성능(QoS) 및 구축 비용을 고려해 실내 무선망을 설계할 수 있는 5G 인빌딩 망 설계 SW와 실내에 구축되는 5G 인빌딩 네트워크 솔루션을 소개하고자 한다. 이를 위해 각각의 개념과 주요 기능 및 구조에 대해 살펴보고 최적화된 5G 인빌딩 네트워크 구축을 위해 추가로 고려되어야 할 주요 기술들도 살펴보고자 한다.

1. 5G 인빌딩 망 설계 SW

망 설계는 대상 표준의 종류와 주파수 대역, 그리고 트래픽 요구사항에 따라 목표 커버리지와 용량을 달성하기 위해 고유한 전파 모델과 공간 지리 정보 등을 활용하여 주파수 폭, 송신기 위치 및 무선 통신 시스템 설정 값을 지정하여 시뮬레이션하는 것을 의미한다 [2]. 음성 위주의 서비스를 제공하던 2G에서는 망 설계를 엔지니어의 경험에 의해 수행하였지만, 이동통신 시장이 데이터 서비스 위주로 재편된 3G, 4G에서는 망 구조의 복잡성이 증가하고, 망 설계 효율성 증대라는 시장의 요구가 커져, 이를 수행할 수 있는 SW가 주목받기 시작했다. 또한, 비슷한 시기에 망 설계 기술의 정확도와 분석 성능의 비약적 발전이 이루어지기도 했다. 대규모 투자가 필요한 이동통신 사업자 입장에서는 경제적인 네트워크 구성을 위해 망 설계 SW를 활용하여 기지국 구성 정보와 같은 데이터를 확보하고 현행화하는 것이 점차 중요하게 되었다.

커버리지는 목표로 하는 음성과 데이터 서비스 성능을 제공하기에 충분한 RF 신호 강도의 범위를 파악하고, 용량은 망 내 서비스의 요구사항을 만족하는 수용력을 가지기 위해 얼마만큼의 기지국 장비를 설치해야 하는지를 결정할 수 있어야 한다. 동일한 기지국 수를 투자하는 경우 커버리지 확장을 위해서는 용량을 희생해야 하고, 반면에 용량을 향상시키려면 커버리지가 축소되어야 하므로 경제적이고 성능 최적화된 네트워크 구성을 위한 망

설계 기술은 이동통신 사업의 핵심 기술이라고 볼 수 있다.

4G LTE와 달리 5G에서는 고주파 활용이 본격화되고 Massive 다중입출력(MIMO)과 빔포밍 기술이 활성화됨에 따라 전방향 안테나를 탑재한 기지국 분석에 활용했던 기존의 2D 기반의 통계적 전파 모델 분석 외에, 3D로 입체적인 공간분석을 수행할 수 있는 확정적 전파 해석(Ray-tracing) 기법의 중요성이 부각된다. 입체적 공간 분석의 신뢰도 확보를 위해서는 실외의 경우 지리 정보, 실내의 경우 내부 구조 정보(도면)가 정확해야 한다. 해당 공간 정보에 전파 해석 기법을 적용할 경우 기존 2D 기반 분석에 비해 신뢰도는 향상되지만, 모든 빔에 대한 전파 환경 분석을 수행해야 하므로 분석 시간이 기하급수적으로 늘어난다.

결국, 5G 인빌딩 망 설계를 위한 핵심 요소 기술은 3D 공간정보(도면) 구축 엔진과 인빌딩 전파 예측 기술로 볼 수 있다. 고주파는 방해물 유무, 재질 정보 등을 고려하여 반사/회절/산란 특성을 모델링해야 하므로, 실내 망 구축을 위한 건물 내의 3D 도면과 재질 특성 등을 빠르게 구성할 수 있는 3D 인빌딩 공간정보 엔진 개발이 중요하다. 또한, 정확한 인빌딩 무선망 환경 예측을 위해 전파 해석 분석은 반사/회절/산란을 최대한 많이 고려해야 하지만, 이는 연산량의 폭증을 일으키므로, 분석 시간과 신뢰도 사이에서의 적절한 트레이드 오프(trade-off)가 요구된다. 전파 해석 기법을 활용한 인빌딩 전파 분석으로 인한 분석 속도의 지연은 병렬처리 등의 소프트웨어의 구조적 성능 향상 및 관련 연산에 GPU를 도입함으로써 해결이 가능하다. 신뢰도 향상을 위해서는 실측 데이터 기반의 전파 예측 모델을 보정하는 방법이 보편적이며, 최근에는 빅데이터 분석을 활용하기도 한다. 과거에는 실내의 전파 특성만 해석하는데 급급했지만, 최근에는 실내외 전파 특성을 종합적으로 분석하는 것이 추세이다. 즉, 실내 무선망 환경 분석 시 실외에서 유입되는 전파의 영향도 분석하여 자세한 분석을 수행한다. 이를 통해 좀 더 정확한 실내 품질 예측이 가능해지고, 이는 경제적인 5G 인빌딩 네트워크 구축으로 귀결된다.

2. 5G 인빌딩 네트워크 솔루션

기존의 이동통신과 비교할 때 5G의 가장 큰 특징은 높은 주파수를 사용하여 넓은 대역폭을 이용하여 초고속 및 초저지연 네트워크를 구성할 수 있다는 점이다. 주파수가 높을수록 프랙셔널(Fractional) 대역폭은 함께 늘어나기 때문에 높은 주파수일수록 넓은 대역폭

을 지원하는 장비를 만들기가 훨씬 수월하다. 다만 높은 주파수를 사용하게 되면 같은 거리를 도달하는데 손실이 커지게 되고 동일 커버리지를 제공하기 위해서는 전력 소모, 발열, 장비 크기 등의 문제가 생기게 된다.

이 중에서 가장 큰 문제는 공중선에서 동일한 도달거리에 닿기 위한 손실이 커진다는 점이다. 5G 이동통신에서는 eMBB(Enhanced mobile broadband) 서비스를 위해 밀리미터파(Frequency Range 2, >6GHz)를 사용하는데 이 경우 손실은 더 커지게 된다.

[표 1] 도달 손실 및 O2I 손실 비교

분류	1.8GHz	3.5GHz	28GHz
Path loss(LOS)	Ref.	+6.2dB	+25.4dB
Additional in-building transmission loss(LOS)	+11.6dB	+12.7dB	+17.8dB
Additional in-building transmission loss(NLOS)	+21.7dB	+26.8dB	+37.9dB
Transmission loss comparison	Ref.	+1.1~5.1dB	+6.2~16.2dB

* 3GPP TR 38.901, channel model Indoor Hotspot - Office 채널 모델을 사용하였다.

[표 1]는 5G 주파수로 사용되는 3.5GHz 대역과 28GHz 대역에서의 전송 손실을 기존 LTE 주파수인 1.8GHz 대역과 비교한 것으로, LOS(Line-of-sight) 및 NLOS(Non-Line-of-Sight) 환경에서 도달거리 손실이 얼마나 차이가 나는지를 보여준다. 예를 들어, 3.5GHz에서는 최대 5dB 정도의 추가 손실을 가져오고, 28GHz의 경우는 최대 16dB의 추가 손실을 보인다. 5G에서는 빔포밍과 다중사용자 다중입출력(MU-MIMO) 기술을 사용하여 신호 손실을 보상한다[3].

더불어 실외에서 실내로 전파가 투과되는 환경에서는 주파수 증가로 인한 손실이 더 커지는 문제가 있다. [표 1]과 같이 3.5GHz에서는 추가로 최대 26.8dB, 28GHz에서는 최대 37.9dB의 추가 손실이 발생한다. 이 정도의 추가 손실이 발생하면 빔포밍과 다중사용자 다중입출력을 사용하더라도 O2I(Out-to-Indoor) 및 NLOS 환경에서는 고품질의 서비스를 제공하기가 어렵다.

전통적으로 인빌딩에서의 이동통신 서비스는 O2I 신호를 기반으로 구현되었다. 다시 말해 실외의 기지국 장비의 신호가 충분히 건물 유리창을 통해 실내까지 도달 가능하기 때문에 대부분의 오피스나 주거지에서 실외 기지국 장비를 활용하여 실외와 실내 및 인빌

딩 서비스를 제공하는데 문제가 없었다. 하지만, 위에서 설명한 주파수 특성 때문에 5G에서는 동일한 O2I 커버리지를 구현하기가 매우 어렵다. 또한, 최근 연구에 따르면 LTE에서 전체 데이터 트래픽의 80%가 실내 환경에서 발생한다고 한다. 따라서 5G 이동통신을 활용한 실내 및 인빌딩 환경에서 고품질의 초광대역 서비스에 대한 요구는 매우 높아질 것이다. 이러한 주파수 특성으로 인한 제한을 극복하고 5G에서 초광대역 서비스를 제공하기 위해서 실내 및 인빌딩 커버리지를 위한 다양한 특화 솔루션이 개발 중이다.

III. 5G 인빌딩 망 설계 SW 비교

현재 실외 망 설계 SW를 개발하는 회사는 많지만, 인빌딩 망 설계 SW를 개발하는 회사는 소수이다. 이 중 iBwave사의 iBwave Design과 Ranplan사의 Ranplan Professional을 위에서 언급한 주요 기술 요소를 중심으로 기능별로 비교해 본다(표 2] 참조).

iBwave는 실내 망 설계 SW의 시장점유율 1위 업체로, 빠른 분석 시간이 장점인 빠른 전파 해석(Fast Ray-tracing)을 3D로 구축된 실내 구조 정보에 적용해 인빌딩 독립 분석 및 O2I 연계 분석을 수행할 수 있는 기능을 보유하고 있다[4].

Ranplan사의 Ranplan Professional은 인빌딩 독립 분석 및 O2I 혹은 I2O(Indoor

[표 2] 5G Indoor RF Planning Tool의 비교

분류	iBwave	Ranplan
서비스 트래픽 Loading	사용자 수에 따른 트래픽 설정 가능	서비스 종류별(Voice, Video, Web Browsing, FTP, VR/AR 등) 설정 가능
3D Indoor Modeling	CAD 및 이미지 정보 기반 3D 모델링 가능 실내 환경 특성 관련 정보(주파수별/재질별) DB화 및 현행화 가능	CAD 및 이미지 정보 기반 3D 모델링 가능 실내 환경 특성 관련 정보(주파수별/재질별) DB화 및 현행화 가능
Outdoor 연계 분석	타사 Outdoor 솔루션과 결합으로 가능 Outdoor to Indoor 분석만 가능	타사 Outdoor 솔루션과 결합으로 분석 가능 Indoor-Outdoor 연계 분석 공간 제약 없이 가능
Ray-tracing 분석 속도	Fast Ray-tracing으로 분석 가속화	Intelligent Ray Launching Algorithm(IRLA)과 데이터 아날리시스 기반 분석 가속화
동시 분석 가능 프로토콜 및 분석 주파수 범위	LTE/Wi-Fi/CBRS/LoRa (5G 상용 버전은 2019년 상반기 중 출시)	2G/3G/LTE/NB-IoT/Wi-Fi 100MHz to 70GHz

<자료> 각 사의 홈페이지 및 관련 material 참고

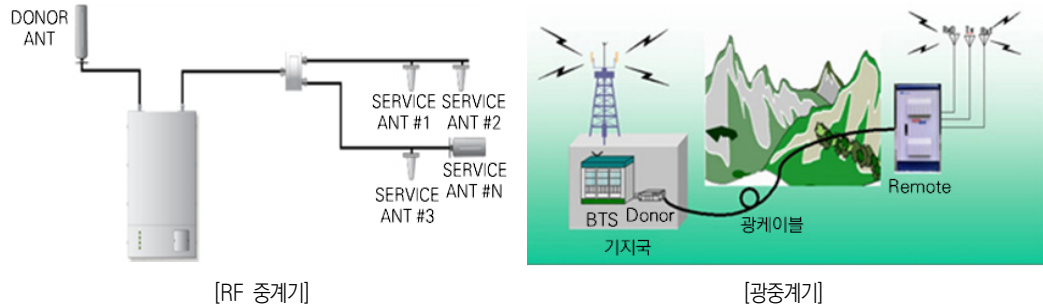
to Outdoor) 연계 분석이 가능하다. 데이터 분석을 활용한 3D Ray-Tracing Algorithm 을 기반으로 70GHz 주파수까지 지원 가능하고, 실제 서비스 트래픽을 모델링하여 음성, 비디오, 웹브라우징, FTP 및 VR/AR 서비스도 망 설계 시 고려할 수 있다. 3D 실내 환경 모델링의 경우 CAD 및 이미지 파일을 임포트(Import)하여 각 층을 3D로 모델링이 가능하며 층별 환경의 재질에 따른 전파의 전파특성 반영이 가능하다[5].

IV. 5G 인빌딩 네트워크 솔루션 비교

전통적으로 이동통신에서는 실내외 음영 지역 해소를 위해 RF 중계기와 광중계기가 많이 사용되고 있다. RF 중계기의 경우 서비스 안테나와 도너 안테나 2조로 구성되어 있으며, 도너 안테나는 공중선의 신호를 수신하여 중계기에서 신호 세기를 증폭하여 다시 서비스 안테나를 통해 재송출 한다. 매크로 장비에서 나오는 공중선 신호를 사용하기 때문에 전원선 이외 별도의 설치 작업이 없이 간편하게 음영지역을 개선할 수 있다는 장점이 있지만, 해당 지역에 최소한 서비스 가능한 매크로 장비에서의 신호를 수신할 수 있어야 한다는 제약이 있다. 또한, 디지털 복조 없이 RF 신호를 증폭하기 때문에 성능이 국소에서 수신되는 매크로 장비 신호 품질에 의해 제한되는 단점이 있다.

이러한 단점을 극복하기 위해서 국내 이동통신에서는 광중계기를 활용한 실내 및 인빌딩 서비스가 많이 이루어지고 있다. 광중계기는 매크로 기지국으로부터 공중선을 사용하지 않고 별도 규격의 광케이블을 이용하여 신호의 손실 없이 해당 국소로 이동통신 신호를 전송하는 방법이다. 광케이블을 이용하여 전송된 신호는 ROU(Remote Optic Unit)를 통해 RF 형태로 변환되어 서비스를 제공한다. 광케이블의 경우 최대 20km까지 손실 없이 신호 전달이 가능하기 때문에 매크로 기지국 장비의 위치에 제한 받지 않고 실내 및 인빌딩 음영 지역을 해소할 수 있다. 다만, 광케이블 포설 작업이 추가로 필요하다는 단점이 있고 따라서 광케이블 설치가 어려운 경우는 사용하기 힘들다는 단점이 있다.

[그림 1]과 같이 매크로 기지국 및 DU(Distributed unit)와 종단 중계기까지 연결하는 방법에 따라 공중선을 사용하는 RF 중계기 및 광케이블을 사용하는 광중계기의 두 가지 종류의 실내 및 인빌딩 중계기가 널리 사용되고 있다. 이는 DU와 종단 장비 사이의 인터페이스에 따른 구분이며, 실제 설치 국소에서 어떤 형태의 종단 장비 또는 안테나를 사용



〈자료〉 디지털 통신 Explorer(<http://nicelcw.blogspot.com/>)

[그림 1] RF 중계기와 및 광중계기

하는지에 따라 실내 및 인빌딩 장비의 종류를 구분할 수도 있다.

DAS(Distributed antenna system)는 인빌딩에 이동통신 서비스를 제공하기 위한 솔루션으로 종단 안테나와 각 종단 안테나까지 연결되는 동축케이블(Coaxial Cable)로 구성된다. [그림 2]의 종단 안테나는 주로 넓은 대역을 커버할 수 있는 광대역 안테나이며, 동축케이블 및 신호 결합기를 통해 각 건물의 층간 또는 방 사이를 커버할 수 있도록 패시브 네트워크를 형성한다. 이러한 패시브 네트워크는 모두 패시브 장비(종단 안테나, 케이블, 결합기)로 구성되므로 이로 인한 손실을 보상하기 위해서 국소에 설치된 장비는 최소 40dBm 이상의 중출력 이상의 장비가 사용된다(건물 규모에 따라 출력이 달라짐).

전통적인 DAS의 장점은 설치된 종단 안테나와 네트워크가 주파수 특성만 지원하면 이를 구동하는 장비를 결합하여 하나의 네트워크로 다양한 통합형 서비스가 가능하다는



[DAS 구조도]



[DAS Passive Antenna]

〈자료〉 KingSignal, Laird

[그림 2] DAS(Distributed Antenna System)

점이다. 예를 들어, DAS가 800MHz~3.7GHz까지의 주파수 특성을 만족하면 결합기를 이용하여 기존의 공통된 DAS 네트워크를 이용하여 현재 모든 레거시(Legacy) 서비스(2G, 3G, LTE) 및 5G(<6GHz) 서비스를 제공할 수 있다. 따라서 건물 내에 추가적인 케이블 포설 작업 없이 해당 국소에 종단 출력 장비만 추가하여 간편하게 5G 서비스 및 신규 서비스를 제공하는 것이 가능하여 전체적인 설치 비용을 낮출 수 있다.

하지만 DAS도 단점이 있다. 수많은 대역을 결합하여 서비스를 하는 경우 각 대역 신호의 조합으로 인한 고조파 및 혼간섭 신호가 발생하여 업링크(Up Link) 품질이 낮아질 수 있다. 이러한 혼간섭은 다양한 디지털 신호 처리 및 고성능 혼간섭 방지 결합기를 사용함으로써 어느 정도 보상이 가능하나 서비스 주파수 밴드가 늘어날수록 그 조합이 기하급수적으로 늘어나서 예측 및 대응이 어렵다. 또한, DAS는 건물 전체 및 부분을 커버하는 대형 패시브 네트워크를 사용하기 때문에 밀리미터파 밴드를 사용하는 5G 서비스의 경우에는 신호 손실이 너무 커서 전통적인 DAS 형태로는 서비스 제공이 어렵다는 문제가 있다[6]. 5G 초광대역 서비스의 경우 실내 및 인빌딩 환경에서 주로 제공되는데 만약 밀리미터파를 사용할 수 없다면 광대역을 활용한 고품질 5G 서비스를 실내 및 인빌딩에서는 제공할 수 없게 된다.

Active DAS는 전통적인 패시브 안테나 네트워크를 사용하는 대신 동축케이블, 이더넷 케이블 또는 광케이블을 사용하여 손실이 매우 낮거나 손실 없이 인빌딩 내의 국소에 전달하여 종단 AAU(Active Antenna Unit)를 사용하여 실내 및 인빌딩 서비스를 제공하는 시스템이다. 위에서 설명한 바와 같이 사용 주파수가 높아져 손실로 인해 패시브 네트워크를 사용할 수 없거나 큰 쇼핑몰이나 기차역 대합실처럼 서비스 용량(Capacity)이 큰 경우에 AAU를 활용한 Active DAS 장비를 사용한다[6]. 각 인터페이스용 케이블 종류에 따른

[표 3] Active DAS Interface 케이블 종류

케이블 종류	재질	신호 종류	가격	신호 손실
RF coaxial	구리	아날로그	높음	높음
Ethernet	구리	디지털+전원	낮음	낮음
Optic	광섬유	광디지털 or 광아날로그	중간	거의 없음
Optic-elec. hybrid	광섬유+구리	광디지털 or 광아날로그+전원	높음	거의 없음

장단점은 [표 3]에 나타나 있다.

Active DAS의 경우 손실이 매우 적은 인터페이스를 사용하기 때문에 대형 건물에 실내 및 인빌딩 서비스를 제공하는데 적합하다. 또한, 각 종단 장비까지 인터페이스에 사용되는 전송 방식이 각 서비스 대역간 간섭이 거의 없는 형태이기 때문에 혼간섭 이슈에 대해서도 자유롭다는 장점이 있다. 게다가 각 종단 서비스 간 딜레이(Delay)나 전파 환경이 동일하다는 장점도 있기 때문에 대형 건물의 고품질 서비스에 최적의 솔루션이다. 다만, 전원을 사용하는 AAU를 종단 장비로 사용하기 때문에 전력 소모 및 배선에 관련된 작업이 추가되어야 하며, 패시브 종단 안테나에 비해 사이즈가 크기 때문에 설치 작업에 따른 비용이 추가적으로 발생한다.

Active DAS의 경우 각 실내 및 인빌딩 국소로 연결되는 인터페이스의 신호 종류에 따라 다른 형태로 구성될 수 있다. 우선 AAU까지 연결되는 인터페이스가 아날로그인지 디지털인지에 따라 Analog Active DAS와 Digital Active DAS로 나눌 수 있다. Analog Active DAS의 경우, RF/IF 동축케이블을 통해 아날로그 형태로 이동통신 신호를 전달하고 AAU 종단 장비에서 증폭하여 신호를 방사하는 형태이다. 디지털부가 따로 없기 때문에 종단 AAU의 구조가 간단하고 전력 소모를 줄일 수 있다는 장점이 있으나 각 국소까지의 거리가 멀어지면 패시브 DAS와 동일하게 손실이 커진다는 단점이 있다.

디지털 신호를 이용하여 신호를 전달하는 Digital Active DAS의 경우, 각 국소 간의 거리가 멀더라도 손실이 없는 디지털 신호를 사용하기 때문에 국소 위치에 관계없이 자유롭게 설치가 가능하며, 각 서비스 대역별 혼간섭 이슈가 없다는 장점이 있다. 아날로그 또는 디지털의 선택은 각 국소의 건물 형태와 전체 종단 장비의 전력 소모량 등에 의해 선택되어야 하며 5G에서는 Digital DAS 형태가 주로 사용될 예정이다. DAS 신호 종류에 따른 비교는 [표 4]에 나타나 있다.

5G Digital DAS의 경우는 네트워크 장비 구조에 따라 다음과 같은 세 가지 종류를 사용할 수 있다([표 5] 참조). 첫째로 전통적인 DAS 및 실내/인빌딩 중계기에서 사용되는

[표 4] 아날로그와 디지털 DAS 비교

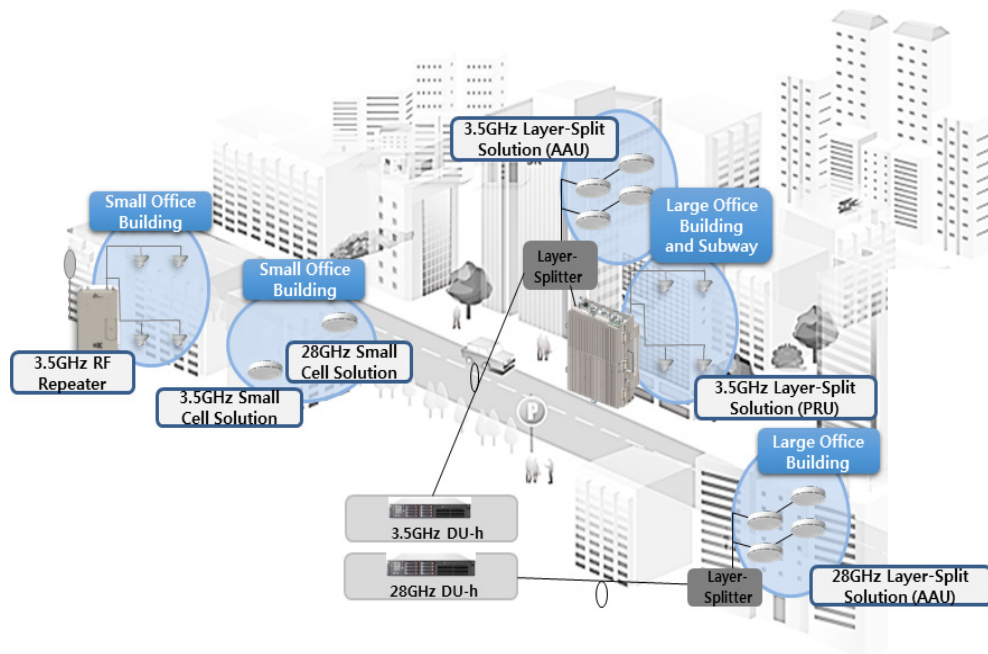
DAS 종류	신호 손실	시스템 전력 소모	거리 제약	혼간섭 가능성
아날로그	높음	낮음	높음	유
디지털	거의 없음	높음	낮음	무

[표 5] 인빌딩 시스템 구조 비교

구조	중단 신호간 간섭	시스템 크기	MU-MIMO 지원	국소당 지원 Capacity
Copy cell	높음	낮음	지원 어려움	낮음
Layer split	낮음	중간	지원	중간
Cell split	없음	높음	지원	높음

Copy cell 구조가 있다. Copy cell의 경우 동일 콜 내에서 동일한 신호를 그대로 카피하여 증계하는 구조를 말한다. 이 경우 하나의 장비에 연결된 DAS가 동일한 신호를 방사하게 된다. 구조가 간단하며 구현이 쉽다는 장점이 있으나, 하나의 콜 신호를 넓은 공간에서 사용하므로 각 신호간 간섭이 생기는 경우 간섭 제어가 어렵다는 단점이 있다.

두 번째로 Layer split 방법이 있다. Layer를 분산하는 구조에서는 MU-MIMO의 레이어를 분산시켜서 건물 실내 국소를 서비스하는 방법이다(그림 3). 이 경우는 레이어를 분산 처리하는 기능이 지원되어야 하나 DU에서 MU-MIMO 성능이 최적화되어 있다면 각 신호간 간섭이 생기는 환경에서도 자유롭게 사용이 가능하다. 또한, 매크로 DU에서 대부분 8~16 레이어를 지원하기 때문에 이 MIMO 레이어들을 건물 내에 분산시켜 사용



[그림 3] Layer Split 인빌딩 솔루션의 예

하는 경우 효율적으로 용량을 분산할 수 있다.

마지막으로 Cell split 구조가 있다. Cell split의 경우 각 국소에 다른 코어를 할당하는 것으로 신호 간섭이 전혀 없기 때문에 가장 간섭에 강한 특성을 보인다. 다만, 여러 층과 방으로 구성된 인빌딩 서비스에서 사용하기에는 DU의 개수가 제한되고 장비 비용이 높기 때문에 쉽게 사용할 수 있는 방법은 아니다.

Active DAS 형태의 인빌딩 서비스뿐 아니라 Small cell 형태로 실내 및 인빌딩 서비스를 지원하는 것도 가능하다. 이 경우 CU와 DU를 포함한 모든 기능이 Small cell에서 지원 가능하기 때문에 이더넷을 통한 자유로운 설치가 가능하다는 장점이 있다. 하지만 Small cell의 경우 모든 기지국의 기능을 지원하기 위해 개발 기간이 길고 시장에서 빠르게 대응하기 어려우며, 네트워크 슬라이스를 비롯한 유연한 네트워크 구성에 대해 다양한 형태로 대처하기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 대형 빌딩이나 오피스에서 서비스를 지원하는 용도보다는 광케이블 포설이 어려워져서 DAS 형태의 장비가 설치되기 어려운 국소에 유선 브로드밴드 서비스가 가능한 경우 사용된다([그림 3] 참조).

V. 결론

현대인이 8시간 이상 체류하는 사무실에서의 생산성 및 편의성 향상을 위해 스마트 오피스가 확대 적용되는 추세이다. 스마트 오피스에서 제공하는 대부분의 서비스는 혁신적 고객 경험을 위해 무선 통신을 기반으로 제공될 필요가 있고 5G는 초고속, 초지연, 초연결의 특성을 기반으로 스마트 오피스를 위한 최적화된 통신 기술로 볼 수 있다. 스마트 오피스에 5G 기술을 적용하기 위해서는 5G 인빌딩 서비스가 제공되어야 하고 목표 성능을 달성하고 비용 효율적인 5G 인빌딩 네트워크 구축을 위해서는 5G 인빌딩 망 설계 기술이 중요하다. 그리고 3D 도면 디자인 엔진과 인빌딩 전파 예측 기술의 완성도는 5G 인빌딩 망 설계를 위한 SW 선정 시 고려해야할 필수 기준이다.

5G 이동통신을 구현하는데 있어서, 5G로 할당된 새로운 주파수 특성을 이해하는 것이 매우 중요하다. 높아진 주파수만큼 대역폭은 늘어났지만 공중선 및 신호선을 통과할 때의 손실도 증가한다. 따라서 실내 및 인빌딩에서 최적의 5G 서비스를 진행하려면 다양한 국소 시나리오에 맞는 특화된 인빌딩 솔루션이 필요하다. 5G의 높은 주파수 때문에 전통

적인 DAS나 광중계기 형태의 인빌딩 솔루션은 구현 난이도나 비용 및 설치 용이성 관점에서 볼 때 5G 서비스에 사용되기 어려운 점이 많다. 전력소모는 늘어나며, 패시브 안테나 네트워크의 손실 및 혼잡 이슈는 해결되기 더욱 힘들어졌다. 따라서 5G 주파수 대역을 제대로 서비스하기 위해 Digital active DAS 형태의 실내 또는 인빌딩 서비스가 주목을 받고 있다. 또한, 용량(Capacity)을 충분히 가져가면서 고품질의 서비스를 효율적으로 제공하기 위해 Layer split 형태의 구조를 이용하면 적은 수의 매크로 장비를 넓은 건물 내에 효율적으로 간섭 이슈 없이 서비스를 제공하는 것이 가능하다. 또한, 5G를 지원하는 Small cell을 이용하면 인빌딩 솔루션이 설치되기 어려운 지역에서도 안정적으로 실내 및 인빌딩 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

[참고문헌]

- [1] "5G-Oriented Indoor Digitalization Solution White Paper," A GSA White Paper Input with Huawei, 2017. 11.
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/RF_Planning
- [3] <http://www.ibwave.com/>
- [4] <https://ranplanwireless.com/>
- [5] "Advanced Antenna Systems for 5G Networks," Ericsson White Paper, 2018. 11.
- [6] "Indoor 5G Networks White Paper," HKT, GSA, Huawei, 2018. 9.