

WHITE PAPER

5G 사설 셀룰러 네트워크 는 어떻게 작동합니까?

3월 2026

요약

산업 디지털화의 가속화와 IoT(사물인터넷) 연결 장치의 급격한 증가는 5G 사설 셀룰러 네트워크(5G PCN)에 대한 수요를 직접적으로 증대시키고 있습니다.

5G PCN은 안정적이고 안전하며 고성능의 무선 연결이 필수적인 조직과 산업에 특히 유리합니다. 이 네트워크는 첨단 애플리케이션의 사용을 가능하게 하며, 산업 자동화에 대한 증가하는 수요에도 잘 적응합니다.

5G PCN은 Wi-Fi®와 비교하여 더 나은 실외 커버리지를 제공하고, 더 큰 용량을 갖추며, 기존 이동통신 네트워크(3G/4G)보다 더 많은 장치를 처리할 수 있습니다. 또한 사용자가 자체 시스템을 소유하고 특정 워크플로에 맞게 설계할 수 있는 능력을 제공합니다. 5G PCN은 대규모 투자이지만, 유선 설치와 비교하면 도랑 굴착 공사의 필요성을 없애고 운영 효율을 개선하여 비용을 절감합니다.

셀룰러 네트워크는 수년에 걸쳐 발전해 왔으며, 세대가 바뀔 때마다 모바일 장치의 용량과 연결성에 급격한 변화를 경험했습니다.

목차

1	서론	4
2	5G 사설 셀룰러 네트워크의 이점	6
3	5G 사설 셀룰러 네트워크의 활용 사례 및 적용 분야	7
4	사설 셀룰러 네트워크와 공용 셀룰러 네트워크의 차이	8
5	5G 사설 셀룰러 네트워크의 보안 및 개인정보 보호 고려 사항	9
6	5G와 영상 감시	9

1 서론

이 백서에서 사설 셀룰러 네트워크란 자체 코어를 보유하고 셀룰러 기술을 사용하여 특정 장소 내에서 연결을 제공하는 네트워크를 의미합니다. 코어 네트워크는 PCN의 지능형 컨트롤 센터 역할을 하며, 예를 들어 데이터 트래픽 관리, 인증, 사용자 세션, 보안, 서비스 프로비저닝 등을 담당합니다.

이동통신 사업자(MNO)가 운영하는 일반 대중용 공용 셀룰러 네트워크와 달리, 사설 셀룰러 네트워크는 조직의 특정 요구를 충족하도록 전용으로 설계됩니다. 승인된 사용자만 사설 셀룰러 네트워크에 접속할 수 있습니다.

무선 액세스 네트워크(RAN)는 무선 신호를 사용하여 사용자 장치를 5G 사설 셀룰러 네트워크에 연결합니다.

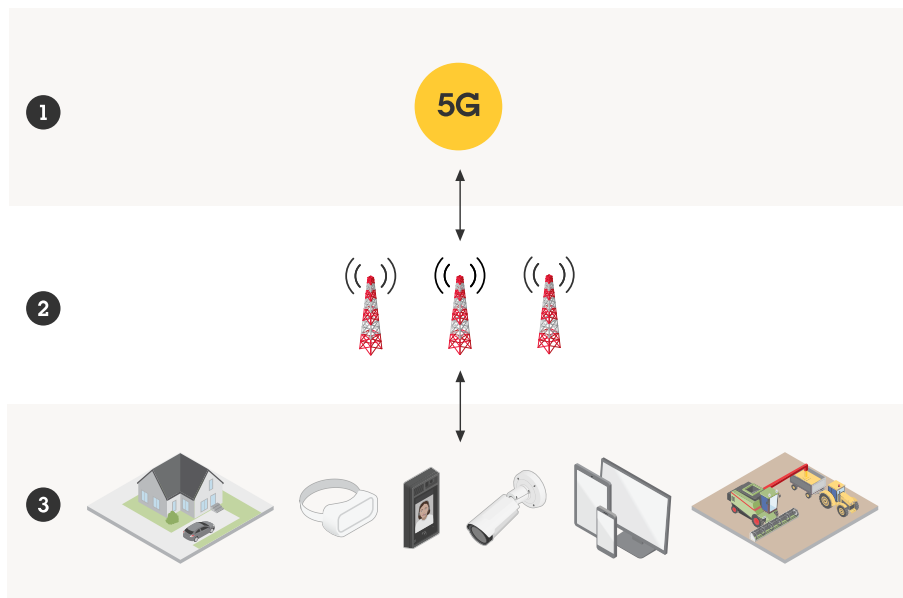


그림 1.1 1: 5G 코어 네트워크 2: 무선 액세스 네트워크(RAN) 3: 사용자 장비(UE)

5G는 이전 세대보다 더 넓은 주파수 스펙트럼을 지원합니다. 고대역, 중대역, 저대역의 세 가지 대역에서 주파수를 지원합니다.

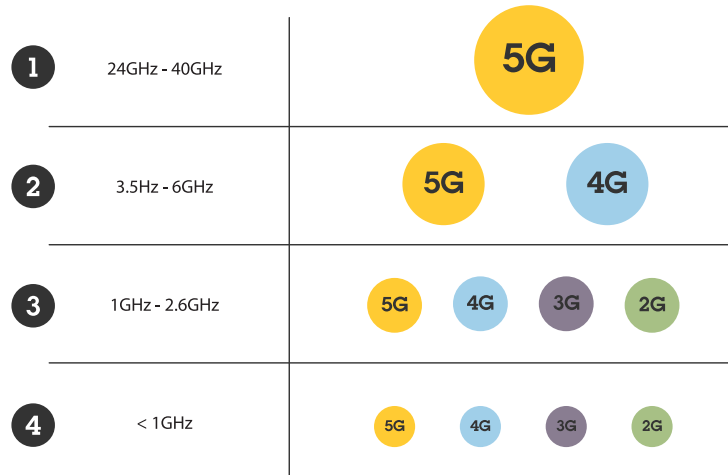


그림 1.2 1: 고대역 2와 3: 중대역 4: 저대역

- 고대역은 약 1밀리초의 초저지연으로 초고속 속도를 제공합니다.
- 중대역의 빠른 속도와 낮은 지연 시간은 모바일 장치에서 고화질 비디오 스트리밍, 가상 및 증강 현실, 클라우드 게이밍을 높은 안정성과 대규모 연결로 구현합니다.
- 저대역은 광범위한 커버리지와 더 나은 실내 투과력을 제공합니다.

이러한 5G 대역은 5G 서브 6GHz 및 5G 밀리미터파(24GHz~40GHz)로도 불리며, 네트워크의 커버리지, 용량, 속도에 영향을 미칩니다.

5G는 이전 세대에 비해 더 빠른 데이터 속도, 더 낮은 지연 시간, 더 큰 용량을 제공하도록 설계된 5세대 셀룰러 네트워크 기술입니다. 이론적으로 최고 다운로드 속도 20Gbps, 최고 업로드 속도 10Gbps를 제공합니다. 실제 사용자 체감 속도는 일반적으로 이보다 낮으며, 100Mbps를 초과하는 경우가 많습니다. 주로 밀리미터파 스펙트럼을 통해 달성되는 이 최고 속도는 4G LTE 대비 100배 높은 트래픽 용량을 지원하도록 설계되었습니다. 이 데이터 속도에서는 대용량 콘텐츠의 스트리밍, 다운로드, 업로드가 더 원활하고 빠릅니다.

2 5G 사설 셀룰러 네트워크의 이점

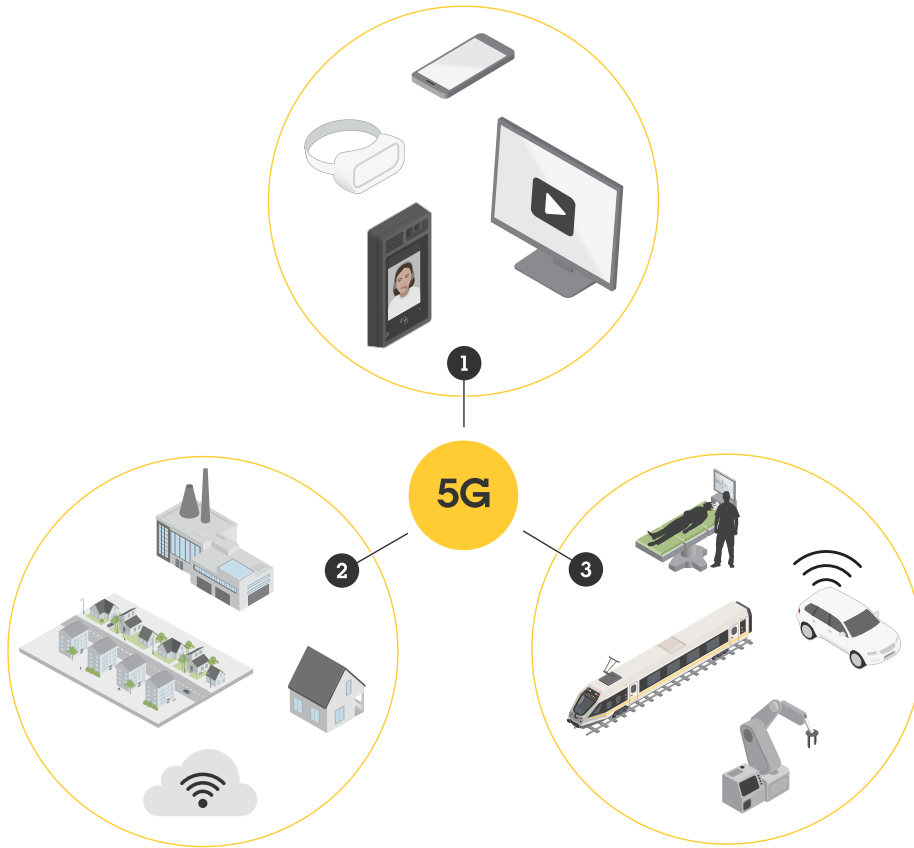


그림 2.1 1: 고성능 모바일 광대역 2: 대규모 기계형 통신 3. 안정적인 저지연 통신

1 고성능 모바일 광대역 5G 사설 셀룰러 네트워크를 사용하면 건물 또는 사업장 내에서 연결 요구에 따라 네트워크 대역폭을 할당, 제어, 분배할 수 있습니다. 네트워크 슬라이싱이 가능하며, 하나의 물리적 인프라 내에서 성능 특성이 서로 다른 여러 가상 네트워크를 생성할 수 있습니다. 이를 통해 조직은 특정 용도에 맞게 네트워크를 맞춤 구성할 수 있습니다. 예를 들어, PCN을 운영하는 공항은 자사 PCN의 슬라이스를 항공사 전용 사설 네트워크로 제공할 수 있으며, 이는 기존 Wi-Fi나 공용 네트워크보다 더 안전한 방식입니다.

5G는 Wi-Fi보다 간섭에 강하고 더 나은 보안을 제공합니다. 네트워크가 사설이므로 데이터 트래픽에 대한 강화된 보안과 제어를 제공합니다. 이는 민감한 정보를 다루는 조직에 특히 중요합니다. 또한 공용 네트워크와 독립적으로 작동하므로, 공용 사용자로 인한 네트워크 혼잡이나 조직의 통제 범위 밖에 있는 시스템 장애로 인한 서비스 중단 문제가 없습니다.

2 대규모 기계형 통신 현대 산업 및 기업 애플리케이션에 필수적인 IoT 및 장치 간 통신(M2M)을 지원합니다. 4G보다 더 넓은 커버리지와 더 많은 연결 장치를 지원할 수 있습니다. IoT 및 M2M을 사용하는 장치 수가 증가하면서 5G에 대한 필요성도 커지고 있습니다.

3 신뢰할 수 있는 저지연 통신: 5G 네트워크는 패킷이 출발지에서 목적지까지 이동하는 시간인 지연 시간이 더 짧습니다. 온라인 게임, 자율주행 차량, 원격 수술과 같이 실시간 응답성이 필요한 적용 분야에는 지연 시간이 짧은 셀룰러 네트워크가 필요합니다.

사설 5G 네트워크는 대규모 투자이지만, 동시에 비용을 절감할 수 있는 잠재력도 있습니다. 비용 절감은 직접적인 설치 비용 절감 및 운영 효율성 향상의 형태로 나타날 수 있습니다. 예를 들어, 공항에서 PCN은 다음과 같은 방식으로 비용을 절감합니다.

- 비용 효율적인 경계구역 설치: 대규모 울타리 주변의 도랑 굴착 공사는 매우 비용이 많이 듭니다. PCN은 전원만 공급되면 도랑 굴착 공사가 필요 없습니다.

- 더 빠르고 유연한 설치: 새로운 연결 인프라를 구축하지 않고도 카메라를 설치할 수 있습니다. 도랑 굴착 공사와 케이블은 건물을 포함한 공항의 여러 부분에 원치 않는 영향을 미칠 수 있습니다. 또한 이러한 유선 설치의 환경 미관에 긍정적인 영향을 거의 주지 않습니다. 도랑 굴착, 천공, 케이블 포설 등 필요한 시공 활동은 시간이 소요되고, 소음과 통행 차단을 발생시켜 조직의 일상 업무를 방해하거나 지장을 줄 수 있습니다.
- PCN은 기존 인프라를 보완: 용량을 늘리기 위해 기존 유선 인프라를 새것으로 교체하는 대신, PCN이 네트워크를 보완하고 부하를 분산할 수 있습니다. 또한 새 장치를 추가할 수 있습니다.
- 임시 연결: PCN은 이동 중인 차량을 유선 네트워크에 연결하여 관리하기 어려우므로 이동성의 이점이 있습니다. 활주로, 고객 대상 무역 박람회, 캠퍼스 내 공사 현장, 실내외 행사 등 일시적으로 연결이 필요한 다양한 상황에서 유용합니다.

3 5G 사설 셀룰러 네트워크의 활용 사례 및 적용 분야

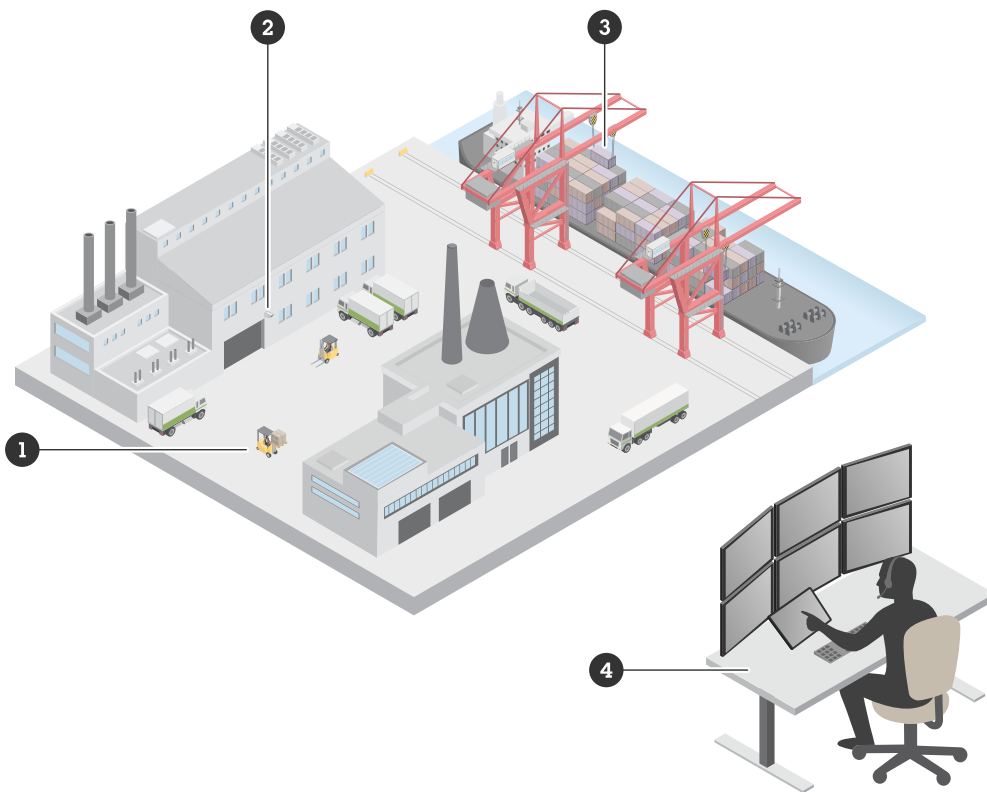


그림 3.1 1: 실시간 작업 부하 추적 2: 영상 감시 3. 장치 원격 측정 4. 감시 모니터링 및 원격 운영

5G 사설 셀룰러 네트워크는 대규모의 복잡하고 역동적인 환경에서 운영되며 안전하고 안정적인 모바일 연결이 필요한 조직에 가장 적합합니다.

- 1 실시간 작업 부하 추적: 5G PCN은 실시간 추적을 가능하게 합니다. 예를 들어, 제조 및 산업 공장에서는 자산의 정확한 위치와 상태를 파악하기 위해 실시간으로 추적해야 할 수 있습니다. 이를 위해서는 5G가 제공하는 초저지연 및 안정적인 연결이 필요합니다. 병원에서도 생명에 관계되는 의료 장비의 안정적 연결, 저지연 원격 의료 상담, 원격 수술, 그리고 넓은 캠퍼스 전역에서 수액 펌프나 휠체어와 같은 이동 장비의 추적을 위해 사설 5G를 활용할 수 있으며, 이를 통해 데이터 보안과 네트워크 성능을 보장합니다.
- 2 영상 감시: 크레인, 트럭, 작업자가 있는 항만과 같은 역동적 환경에서는 실내외에 걸친 끊임 없는 영상 감시가 필요합니다. 5G PCN은 항만이 자산을 추적하고, 자율주행 차량을 관리하며, 운영을

원활하게 유지하는 데 필요한 넓은 커버리지와 매끄러운 기지국 간 연결 전환(handoff)을 제공합니다.

- 3 장치 원격 측정: 장치의 유지 관리 필요성을 예측하고, 운영 분석을 수행하며, 원격으로 제어하려면 장치로부터 지속적인 데이터 흐름이 필요합니다. 이러한 데이터에는 스프레더 위치, 적재 하중, 모터 온도 등이 포함될 수 있습니다. 예를 들어, 대형 갠트리 크레인을 완전히 연결된 디지털 자산으로 전환할 수 있습니다. 사설 5G 연결은 파손되기 쉽고 유지 관리 부담이 큰 광섬유 케이블 릴을 대체하여 핵심 정보를 무선으로 전송합니다. 동시에 동일한 연결로 크레인 자체에 장착된 카메라의 비디오 피드를 스트리밍하여 운영자에게 컨테이너와 주변 환경의 선명한 시야를 제공할 수 있습니다.
- 4 감시 모니터링 및 원격 운영: 핵심 인프라(에너지, 유틸리티, 광업) 및 대규모 시설(공항, 경기장)은 시설을 모니터링하고 기계를 원격으로 운영해야 하는 경우가 많습니다. 예를 들어, 한 전력 회사는 자사의 전력망 센서를 모니터링해야 합니다. 사설 5G 연결은 위치 모니터링과 장비 운영을 모두 처리하면서 핵심 운영 트래픽에 대한 효율적인 성능을 보장할 수 있습니다.

4 사설 셀룰러 네트워크와 공용 셀룰러 네트워크의 차이

사설 셀룰러 네트워크가 특정 조직 전용인 반면, 공용 셀룰러 네트워크는 일반 대중이 공유하여 사용합니다. 두 네트워크 모두 연결을 제공하지만, 몇 가지 차이점이 있습니다. 여기에 포함되는 사항은 다음과 같습니다.

특징	사설 네트워크	공용 네트워크
소유권	전용 사설 네트워크는 공용 이동통신 네트워크와 분리되어 있습니다. 조직만을 위해 독점적으로 운영됩니다. 네트워크, 장치, 보안 정책에 대한 완전한 통제권을 조직에 제공합니다.	이동통신 사업자(MNO)가 소유 및 운영하며 최종 사용자의 통제 권한은 제한적입니다.
구성 가능성	PCN은 네트워크, 장치, 보안 정책에 대한 완전한 통제권을 조직에 제공합니다. 조직은 업링크 및 다운링크 무선 리소스를 구성하고, QoS 레벨을 설정하며, 네트워크 슬라이스를 구성하고, 필요에 따라 네트워크를 확장할 수 있습니다.	구독용 특정 네트워크 구성을 할 수 있는 범위가 제한적입니다. 모든 구성은 MNO의 관리를 거쳐야 합니다. 다만 MNO 네트워크의 가상 서브네트워크(네트워크 슬라이스)를 생성하여 사설 네트워크처럼 작동하게 할 수 있으며, 이 경우 자체 네트워크 장비를 보유하는 대신 MNO의 코어 및 네트워크 노드를 활용합니다.
비용 모델	하드웨어 구매 및 배포와 네트워크 유지 관리에 상당한 투자가 필요합니다. 그러나 일회성 투자이며, 이후 무제한 데이터를 사용할 수 있습니다.	MNO는 정부의 허가를 받아야 하며 특정 규정을 따라야 합니다. MNO에 구독 요금을 지불해야 합니다.

보안	보안을 직접 관리하고, 데이터를 온프레미스에 보관하며, 공용 인터넷 또는 MNO 네트워크를 안전하게 경유할 수 있으므로 보안 수준이 매우 높습니다. 전용 SIM 카드는 SIM PIN 설정 시 추가적인 보안 계층을 제공합니다.	데이터 보안 및 정책을 타사에 위임해야 합니다. 또한 데이터가 MNO의 공유 인프라를 통해 전송됩니다.
액세스 및 커버리지	연결 및 액세스가 승인된 장치로만 제한되고 조직이 필요한 곳에 배포되므로, 낮은 지연 시간과 넓은 커버리지를 제공합니다. 각 장치가 사용할 수 있는 데이터 양과 서비스 품질을 장치 단위로 제어할 수 있습니다.	커버리지가 제한적이며 네트워크 혼잡이 발생할 수 있습니다. 이는 사용자의 장치가 다른 많은 장치와 함께 공유 리소스를 놓고 경쟁하며, 누가 데이터를 사용하고 얼마나 사용하는지 통제할 수 없기 때문입니다.

요약하면, 공용 네트워크는 단순한 구독 기반 모델을 채택하고 있으며, 적정 수준의 성능이면 충분한 경우에 적합합니다. 성능, 보안, 안정성이 조직 운영에 중대하며 타협할 수 없는 경우에는 사설 네트워크가 필요합니다.

5 5G 사설 셀룰러 네트워크의 보안 및 개인정보 보호 고려 사항

사설 셀룰러 네트워크는 조직에 안전하고 비공개인 연결을 제공합니다. 또한 사설 셀룰러 네트워크를 사용하면 조직이 데이터를 소유하고 제어할 수 있습니다.

SIM 카드를 통한 네트워크 액세스 보호 외에도, 엔드 투 엔드 암호화를 통해 운영 데이터와 개인 데이터 모두를 안전하게 보호합니다. 승인된 사용자, 장치, 애플리케이션 및 시스템만 네트워크에 접속할 수 있어야 합니다.

온프레미스 코어 서버 또는 무선 유닛에 대한 물리적 액세스는 엄격히 제한되고 제어되어야 합니다. 이는 승인된 액세스 권한을 가진 사람만이 네트워크 보안의 물리적 구성 요소에 접근할 수 있도록 보장하기 위함입니다.

5G PCN의 주요 보안 위험은 다음과 같습니다.

- 구성 오류: 잘못 구성된 네트워크 슬라이스는 공유 제어를 우회할 수 있습니다. 이는 감지하기 어렵고 악용되기 쉬운 보안 공백을 만들 수 있습니다.
- 부채널 공격: 타이밍, 전력 또는 메모리 사용량과 같은 간접적인 신호에서 정보를 추출할 수 있는 가능성이 존재합니다.
- 서비스 거부(DoS): 공격자는 무선 접속 채널을 방해하거나, API에 과부하를 주거나, 특정 네트워크 슬라이스에 트래픽을 폭주시킬 수 있습니다.
- 가로채기 및 트래픽 분석: 5G 네트워크의 데이터 자체는 암호화되지만 메타데이터가 항상 암호화되는 것은 아닙니다. 트래픽 패턴을 관찰하는 공격자는 사용자의 행동, 위치 또는 애플리케이션 유형을 추론할 수 있습니다.
- 중간자(MITM) 공격: 장치가 5G 기지국으로 위장하여 기밀성과 무결성을 모두 손상시킬 수 있습니다.

6 5G와 영상 감시

5G 네트워크는 IP 기반 아키텍처를 사용하지만, 레이어 2(데이터 링크 계층)에서 상당한 차이가 있습니다. 이로 인해 5G 네트워크는 유선 또는 Wi-Fi 네트워크와 다르게 동작합니다.

IP 카메라의 기본 동작은 수동적으로 클라이언트의 연결을 기다리는 것입니다. VMS(비디오 매니지먼트 시스템)를 통해 카메라는 일반적으로 mDNS(멀티캐스트 DNS) 또는 UPnP(Universal Plug and Play)와 같은 프로토콜로 검색됩니다. 이러한 프로토콜은 링크 계층에 크게 의존하며 5G 네트워크에서는 지원되지 않습니다. 5G PCN상의 카메라를 Genetec, Milestone 또는 AXIS Camera Station과 같은 레거시 VMS에 온보딩하려면, 카메라에 알려진 고정 IP 주소가 있어야 합니다. VMS에서 IP 범위를 스캔하는 것도 가능하지만, 카메라는 여전히 알려진 IP 주소 범위 내에서 고정 IP 주소를 보유해야 합니다.

예를 들어 WebRTC나 VPN 솔루션을 사용하면 클라이언트와 서버가 공통의 알려진 서버를 통해 연결되므로, 알려진 고정 IP 주소에 의존할 필요가 없습니다. 그러나 이는 Axis 카메라나 기존 레거시 VMS에서 기본적으로 지원되지 않습니다.

중대역(서브 6GHz)에서 운영되는 5G PCN은 최대 100MHz의 대역폭을 지원하며, 이는 사용 가능한 비트 레이트를 제한합니다. 또한, 이동 중인 장치의 경우 신호 품질이 변경될 수 있습니다. 고정 장치도 무선 환경의 변화로 인해 신호 품질이 영향을 받아 채널의 사용 가능 비트 레이트가 달라질 수 있습니다. 유선 네트워크와 비교하면, 5G PCN은 비트 레이트가 더 제한적이고 예측하기 어려우므로 혼잡에 더 취약합니다.

일반적인 비디오 스트림 프로파일은 데이터 양의 급격한 변동(스파이크)이 잦습니다. I-프레임은 짧은 시간 내에 전송해야 하는 대량의 데이터를 생성합니다. 대역폭이 부족한 경우, 이로 인해 버퍼 손상, 지연, 프레임 누락, 이미지 품질 저하가 발생할 수 있습니다.

유선 네트워크와 비교하면, 서브 6GHz 대역에서 운영되는 5G PCN은 약 10ms의 추가 지연 시간이 있습니다. 이는 실시간 보거나 PTZ(Pan-Tilt-Zoom) 제어와 같은 감시 사용 사례에는 해당되지 않지만, 자율주행 차량과 같은 다른 사용 사례에는 필수적입니다. 네트워크 혼잡은 지연 시간을 크게 증가시킬 수 있습니다.

Axis Communications에 대하여

Axis는 보안, 안전, 운영 효율성 및 비즈니스 인텔리전스를 향상시켜 더 스마트하고 더 안전한 세상을 실현합니다. 네트워크 기술 회사이자 업계 선도 기업인 Axis는 영상 감시, 접근 제어, 인터콤 및 오디오 솔루션을 제공합니다. 이러한 솔루션은 지능형 분석 애플리케이션으로 보완되고 고품질 교육을 통해 지원됩니다.

50개 이상의 국가에서 약 5,000명의 Axis 임직원이 전 세계의 기술 및 시스템 통합 파트너와 협력하여 고객에게 최적의 솔루션을 제공하고 있습니다. Axis는 1984년에 설립되었으며 본사는 스웨덴 룬드에 있습니다.