

GNSS 백서

대중시장 IoT 디바이스에 대한 센티미터 단위 수준까지의 정확한 포지셔닝을 달성하는 방법



목차

■ 요약	3
■ 소개	4
■ GNSS만으로는 충분하지 않은 이유	6
■ GNSS 한계극복	7
■ 대중시장 현지화	9
■ 전동스쿠터에 대한 필드테스트 데모	10
■ 로봇 예초기에 대한 필드테스트 데모	13
■ 결론	15

요약

글로벌 내비게이션 위성 시스템

(GNSS: Global Navigation Satellite System)은 오랜 시간 사용되어 왔지만, 정확도와 신뢰도의 측면에서 그 한계가 존재하여, 전동스쿠터와 로봇 예초기, 드론 등의 다른 자율 로봇기기의 신규 대중시장 IoT 애플리케이션에 대한 어려움이 있었습니다.

> 본 백서에서는 GNSS 기술의 약점에 대해 알아보고, 높은 정확도와 일관된 접근성을 가능하게 하기 위한 포지셔닝 솔루션을 향상시키는 혁신적 기능에 대해 설명합니다. 이러한 기술을 구현하면 자신의 사물에 대한 위치를 정확히 파악할 수 있기 때문에 기업의 입장에서 더욱 간편하고 안전하게 운용이 가능합니다.

서문

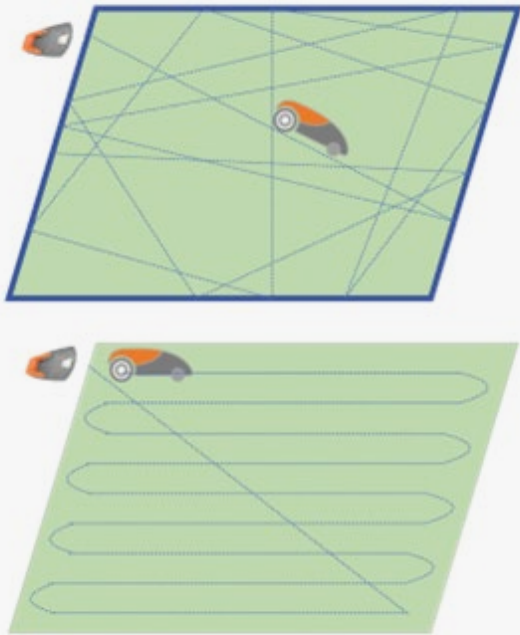
IoT 시장은 지난 10년간 소비자시장과 산업시장 둘 모두에서 연결된 자동화 지능형 디바이스의 수가 증가하면서 상당한 성장해왔습니다. 리서치 회사인 IoT Analytics는 2022년, IoT의 성장이 18%로 총 144억 개의 연결이 활성화될 것으로 예상했었으며, 성장이 가속화되어 2025년에는 약 270억 개의 디바이스가 연결이 될 것으로 전망했습니다. 정확도와 신뢰도가 높은 포지셔닝에 의존하는 연결형 아웃도어 애플리케이션이 주류로 자리잡게 되었습니다.

정확하고 강력한 포지셔닝은 더 스마트하고 안전한 최신의 IoT 솔루션을 구현하는 핵심적 요소입니다. 이런 새로운 비즈니스 솔루션은 제한된 환경에서도 미터보다 작은 단위, 경우에 따라서는 센티미터 수준의 정확도와 일관성 있는 위치 추적기능을 필요로 합니다. 디바이스의 위치를 정확하게 파악할 수 있다면, 사용자와 기업 모두에 새로운 이용 사례, 수익창출 기회, 가치창출과 가치있는 경험을 가능하게 합니다.

스쿠터와 로봇 예초기 모두 인프라 없이 작동하기 위해서는 위치 업데이트가 요구됩니다. 전통스쿠터 운영업체에게는 20~30cm 수준의 위치까지 파악하는 것이 핵심이지만, 로봇 예초기는 잔디밭의 구석구석 깎을 수 있도록 훨씬 더 정확한 위치 정보를 필요로 합니다.



그림 1. 실제 경계선(위) 및 가상 경계선(아래)에서의 예초기



로봇 예초기의 경우, 전통적인 경계선 기반 제어방식은 최초설치 및 유지보수 작업에 있어 비용과 복잡성을 크게 증가시킵니다. 로봇 예초기 이용자는 높은 정확도의 포지셔닝 기술을 통해 정원의 경계선을 따라 지오펜스를 매설하는 수고를 덜고 로봇 예초기를 사용할 수 있습니다. 또한 로봇 예초기는 정해진 궤적을 따라 가기 때문에 최대 3배까지 더 효율적인 작업이 가능합니다.

마찬가지로, 전동킥보드 시장에서도 운영업체는 주차된 위치를 매우 정확하게 파악하고, 이용자가 빠르게 급증하고 있는 마이크로 모빌리티 전용차선 및 지자체 규정을 준수하도록 함으로써 사람들의 불만이나 값비싼 주차위반 과태료를 피할 수 있습니다.

그 밖의 다양한 IoT 애플리케이션도 정확한 위치정보 기술의 이점을 누릴 수 있습니다. 스포츠 경기 중에 더 나은 경기 데이터를 얻을 수 있는 스포츠 트래커가 그 예입니다.

예를 들어, 경주시합에서의 말이나 자동차, 사람을 추적하거나, 넓은 지역에서 펼쳐지는 장거리 경기인 요트, 자전거, 달리기 선수를 추적하는 것이 여기에 포함될 수 있습니다. 전송되는 풍부한 데이터는 선수측과 관중 모두에게 정확한 실시간 정보를 제공하므로 모든 이들의 경험과 퍼포먼스를 개선하고 향상시킬 수 있습니다. 또한 소비자 및 프로슈머 드론들은 정확한 위치정보를 기반으로 여러 대의 드론이 함께 비행하는 드론 라이트 쇼와 같은 복잡한 활동을 가능하게 합니다.

그림 2. 전동스쿠터의 정확한 주차



상업용 애플리케이션의 경우, 휴대용 탐지기 사용자는 위치정보 기술을 활용하여 지표면 아래의 기기에 태깅하는 방식으로 어느 곳을 파야 할지, 말아야 할지를 알 수 있습니다. 매우 정확한 위치 정보는 전력선, 상수도 및 가스배관, 오래된 건축물의 기초나 거대한 바위, 또는 금속 물체와 같은 장애물에 적용될 수 있습니다. 마지막으로 농업 분야에서는, 로봇이 밭을 스스로 파악하여 묘목을 균일하게 심을 수 있도록 적용하고 있는 중입니다. 이를 통해, 수확 시기가 되었을 때 효율성을 높이고, 각 묘목들이 자랄 수 있는 최적의 공간을 확보할 수 있습니다.

GNSS만으로는 충분하지 않은 이유

GNSS는 가치있는 위치정보 기술임이 입증되어 있지만, 특정 시나리오에서는 그 효과를 저해하는 내재적 약점이 있습니다. 기본적으로 GNSS는 하늘을 볼 수 있는 위치에 있어야 위성으로부터 신호를 직접 수신할 수 있습니다. 실제 환경에서는 항상 위성 신호를 직접 수신할 수 있는 환경이 아니며, 항상 정확한 위치정보를 제공하는 디바이스에 있어 유일한 솔루션으로는 신뢰할 수 없습니다.

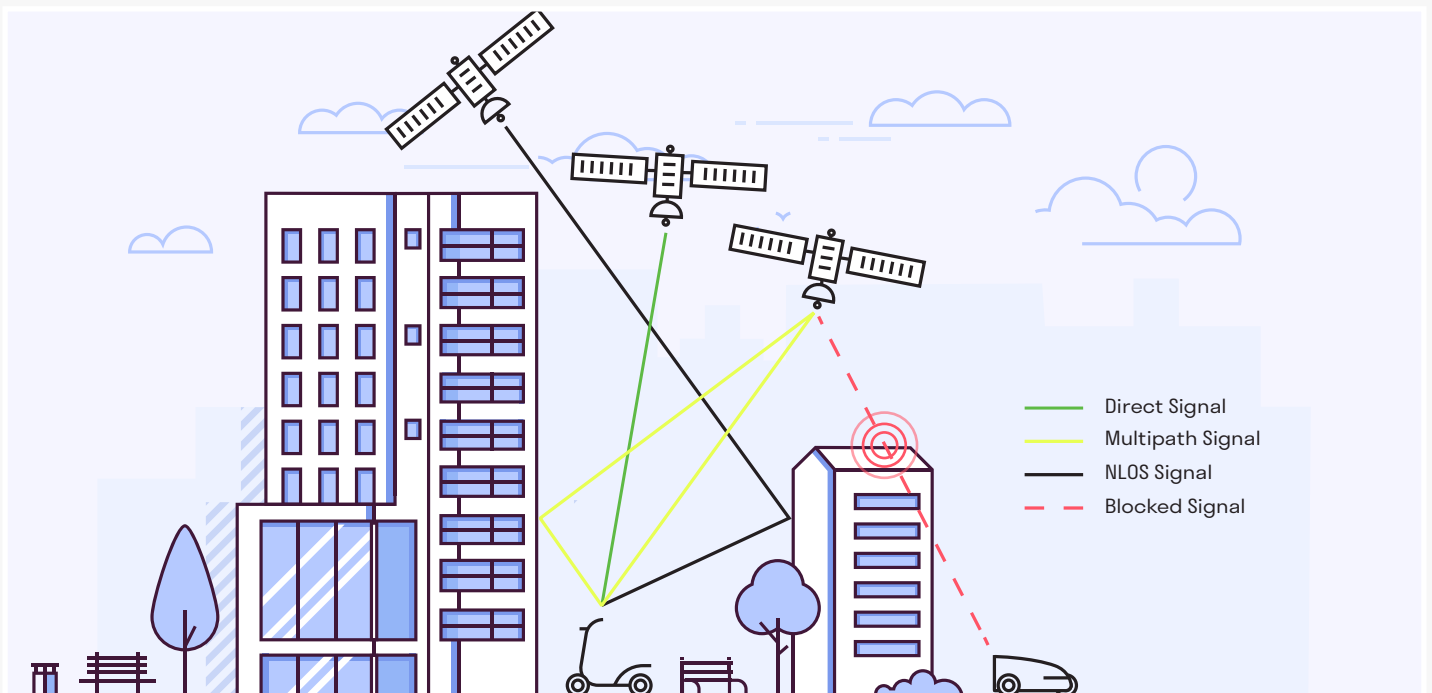
GNSS를 이용한 높은 정확도와 안정적인 포지셔닝에 방해가 되는 주된 장애물은 신호 오차, 신호 반사, 신호 차단입니다.

신호 오류. GNSS의 특성상 위성의 직접 신호에서는 위성 하드웨어나 대기 중에서 발생하는 오차, 이용자의 디바이스 내에서 발생하는 오차가 있을 수 있습니다. 일반적으로 개방된 환경에서는 이러한 오차가 작은 미터 단위의 포지셔닝 오차를 야기합니다.

신호 반사. 도시 환경에서는 건물이나 높은 벽과 같은 구조물들이 존재하여 신호 반사가 빈번하게 발생하게 됩니다. 이러한 반사는 다중경로 및 NLOS(Non-Line-Of-Sight) 문제와 같은 대두시킵니다. 다중경로에 대한 문제는 직접 신호와 반사된 신호가 모두 수신기에 도달할 때 발생하게 되며, NLOS 문제는 반사된 신호만 수신기에 잡힐 때 발생하게 됩니다. 이러한 문제들은 신호수신이 까다로운 환경에서 50m가 넘는 오차를 초래하는 잠재적 오류를 낳게 되어 포지셔닝 시스템의 정확도를 크게 저하시킵니다.

신호 차단. 인공위성에서 보내는 신호의 세기는 우주에서 보는 전구 불빛만큼이나 약합니다. 콘크리트 벽이나 금속과 같은 장애물은 신호의 송수신을 차폐할 수 있습니다. 대부분의 신호가 차단되면, 이용자는 결국 '위치정보 없음' 메시지를 경험하게 됩니다.

그림 3. 직접 신호, 다중경로 신호, NLOS 신호, 차단된



신호

GNSS 한계극복

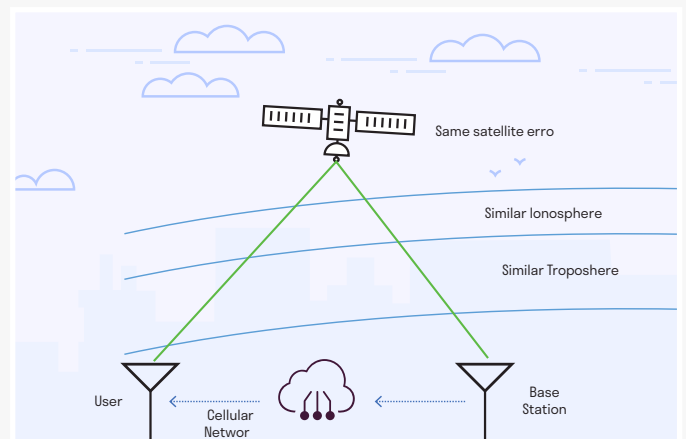
이러한 문제들의 해결을 위한 세 가지 효과적 접근방식이 있으며, 이는 멀티밴드 GNSS, RTK 포지셔닝, DR(Dead Reckoning)입니다.

멀티밴드 GNSS: 다중경로의 불리함으로 인한 영향을 줄이기 위해 멀티밴드 GNSS는 일반적으로 L1(GPS L1, Galileo E1, GLONASS G1, BDS B1)과 현대화된 L5 신호(GPS L1, Galileo E5a, BDS B2a)를 결합하는 여러 주파수의 대역을 활용합니다. 이러한 접근방식의 이유에는 서로 다른 주파수 대역의 뚜렷한 특성에 있으며, 본 백서에서는 L1과 L5 대역에 초점을 맞추고 있지만, L2와 같은 다른 대역도 존재합니다. 이 대역을 지원하는 수신기는 일반적으로 보유하기에 많은 비용이 들고 대중시장의 기기들과 호환되지 않기 때문에 본 백서에는 이에 대해 설명하지 않습니다.

L1 대역은 다중경로 간섭에 취약하지만, L5 대역은 다중경로 완화에 뛰어난 능력을 보여줍니다. 두 신호를 통합함으로써 멀티밴드 GNSS 시스템은 직접 신호와 반사 신호를 효과적으로 구분하여 포지셔닝 결과의 정확도를 높일 수 있습니다. L5 신호 특성이 제공하는 이점 외에도 다중대역 신호를 구현하면 전리층에서 일어나는 교란으로 인한 정확도에 미치는 악영향을 완화하는 데에도 도움이 될 수 있습니다.

RTK는 GNSS 포지셔닝의 신호 오류에 대응하기 위해 고안된 기술입니다. 해당 기술은 좌표가 알려진 인근의 레퍼런스 기지국 또는 레퍼런스 기지국의 네트워크(네트워크 RTK 라고도 함)를 활용하여 이동통신사(휴대전화, 방송 라디오 또는 위성)를 통해 실시간으로 보정 데이터를 제공합니다. RTK의 기본 원리는 반송파 위상차 기술을 활용하여 위성과 대기 중에서 발생하는 일반적 오차를 보정하기 위한 보정 데이터를 이용하는 것입니다. 이 접근법은 개방된 또는 반 정도 개방된 환경에서 GNSS 정확도를 센티미터 단위 또는 데시미터 단위 수준으로 크게 향상시킵니다.

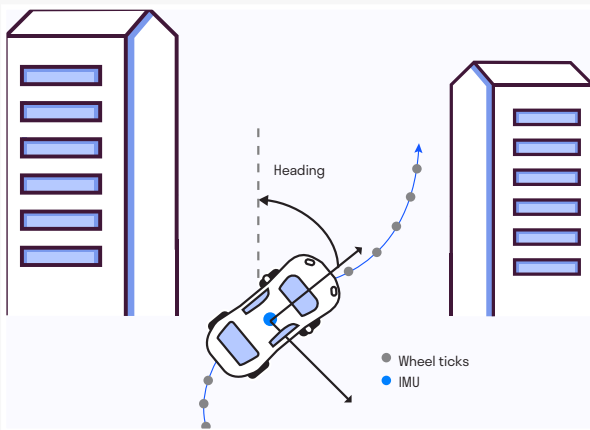
그림 4. RTK 이론적 근거



“ RTK의 기본 원리는 반송파 위상차 기술을 활용하여 위성과 대기 중에서 발생하는 일반적 오차를 보정하기 위한 보정 데이터를 이용하는 것입니다. ”

DR(Dead Reckoning)은 GNSS 신호가 없는 경우에도 지속적으로 포지셔닝을 가능하게 하는 기술입니다. 해당 기술은 가속도계 및 자이로스코프와 같은 내부 센서와 주행거리계 또는 스피드 펄스와 같은 외부 센서를 사용하여 차량의 관측 최초 위치와 이후의 속도, 방향, 위치 변화를 기반으로 차량 움직임을 추정합니다.

그림 5. DR 이론적 근거



DR의 기본 원리는 반사 또는 차단으로 인해 GNSS 신호가 약해지거나 사용할 수 없는 상황에서도 이러한 센서의 데이터를 시간 흐름에 따라 통합하여 차량의 움직임을 추적할 수 있다는 것입니다. DR은 절대적 포지셔닝을 제공하지는 않지만 GNSS 신호 간격 사이를 채우고, 신뢰할 수 있는 위치 추정을 제공할 수 있으므로 빌딩 숲이나 터널과 같이 신호 반사 또는 일시적 신호중단이 일반적인 상황에서 유용합니다.



대중시장 현지화

멀티밴드 GNSS, RTK 및 DR 기술은 오랫동안 자동차 산업과 고부가가치 산업 분야에서만 사용할 수 있었습니다. 대중시장 애플리케이션의 경우 기술 자체뿐만 아니라 크기와 전력소비, 그리고 가장 중요하게는 비용이라는 장애물이 있습니다. Quectel은 대중시장에 대해 모든 시장의 수요에 맞는 다중대역, RTK, DR이 지원되는 GNSS 모듈과 잘 교정된 고정밀 안테나 등 위치정보 관련 원스톱 솔루션을 제공합니다.

Quectel LC29H 시리즈 GNSS 모듈은 소비자 대중시장의 요구에 충족하도록 설계되어 고정밀의 소형 폼 팩터 및 저비용 디바이스를 구현할 수 있습니다. 해당 모듈은 산업 및 자동차 솔루션용으로 설계된 모듈과 동등한 정확도의 성능을 제공하지만 전력소비는 70% 적게, 솔루션은 50% 작게 만들 수 있습니다.

디바이스의 높은 정밀도를 위해서는 정밀성을 가진 안테나를 선택하는 것이 중요합니다. Quectel은 고정밀 포지셔닝을 위해 특별하게 고안된 포괄적 범위의 안테나를 제공합니다.

이 안테나는 최적의 패턴, 낮은 축비율, 최소한의 PCV(Phase Center Variation: 위상중심변동량) 및 PCO(Phase Center Offset: 위상중심오프셋)를 제공합니다. 또한 Quectel은 안테나 설계 검토와 테스트와 같은 추가 서비스를 제공하여 디바이스 최적의 성능을 보장합니다.



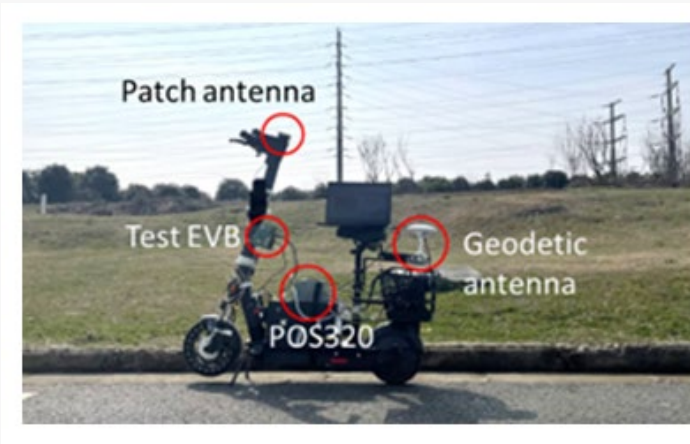
전동스쿠터에 대한 필드테스트 데모

해당 챕터에서는 이전 챕터에서 기술한 각 기술의 효과를 입증하기 위해 실제 필드 테스트 데이터를 제시합니다. 종합적인 평가와 비교를 통해 이러한 기술을 대중시장 IoT 애플리케이션에 구현할 때 얻을 수 있는 이점을 강조합니다. 테스트는 전동스쿠터와 로봇 예초기의 사용 사례를 따라 수행되었습니다.

그림 6은 최첨단 GNSS INS(Inertial Navigation System: 관성항법장치)로 구성된 실측 시스템(POS320)에 대한 그림입니다. 이 시스템은 측지 GNSS 안테나에

연결됩니다. Open sky 상태에서는 센티미터 단위까지의 정확도를, GNSS를 사용할 수 없는 환경에서는 데시미터 단위의 정확도를 제공합니다. 해당 레버 암(arm)들이 측정되고 계산 중에 보정됩니다. 실측 시스템은 LC29H 샘플 평가보드(EVB: EVAluation Boards)에서 사용하는 패치 안테나의 좌표를 출력합니다.

그림 6. 전동스쿠터 테스트 설정



아래 그림과 같이 전동스쿠터에는 스템 중앙에 테스트 EVB가 장착되어 있습니다. 핸들바 중앙 상단에 패치 안테나가 장착되어 있고 신호 분배기를 통해 모든 EVB에 RF 신호가 공급되므로 테스트 EVB 간에 GNSS 신호 품질이 동일합니다. 프론트휠 속도는 DR 지원 EVB에 연결됩니다.

전통적으로 하나의 안테나로는 하나의 기술에 연결이 가능했지만 이제는 더 많은 사용 사례에서 단일 안테나에 여러 연결 옵션을 결합하는 콤보 안테나의 채택이 정당화될 수 있습니다. 여러 유형의 연결을 단일 안테나에 통합하는 것은 거부할 수 없을 정도로 매력적이지만,

비용과 복잡성으로 인해 해당 시장의 잠재력이 제한되어 있습니다.

콤보 안테나는 일반적으로 단일 장치에 4개부터 심지어 10개 이상의 서로 다른 안테나 기능을 제공하는 여러 기능이 결합된 것입니다. 개발이 비교적 복잡하지만 콤보 안테나는 한 번만 장착하면 되기 때문에 설치하는 사람이 매우 간단하게 사용할 수 있습니다.

“Quectel은 다중대역, RTK, DR이 지원되는 GNSS 모듈과 잘 교정된 고정밀 안테나 등 대중시장의 포지셔닝 원스톱 솔루션을 제공합니다.”

> 전기스쿠터를 위한 데드 레코닝(DR)의 이점은 무엇일까요?

LC29HAA(DR이 적용되지 않은 멀티밴드 GNSS GNSS)와 LC29HCA(DR이 적용된 멀티밴드 GNSS)의 비교 테스트가 수행되었습니다. 아래 그림은 도심, 대로, 지하 차고 시나리오에서 두 모듈의 수평 오차를 기준점 시스템과 비교한 것입니다. 오차 순서 및 통계표에서 LC29HAA 솔루션은 도심 시나리오에서 10미터 이상까지 성능이 저하되고, 차고 내부에서는 신호 출력이 없습니다. 반면 LC29HCA 솔루션은 환경적 요인에 크게 영향을 받지 않고, 전반적으로 일관된 미터 수준의 정확도를 보여줍니다.

그림 7: LC29HCA(GNSS+DR) 및 LC29HAA(GNSS 전용)의 2D 위치 오차

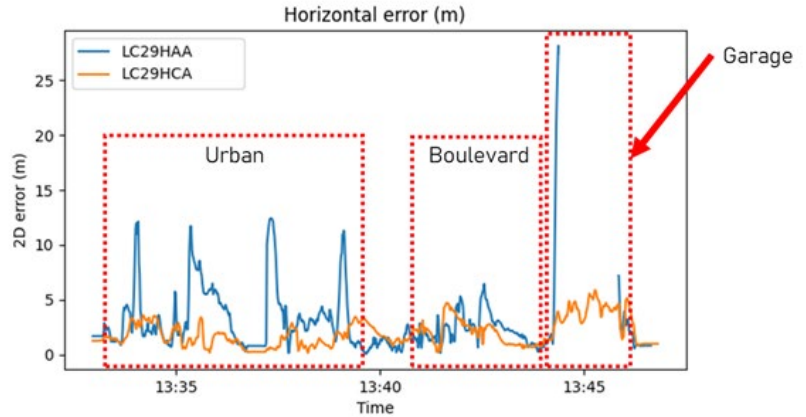


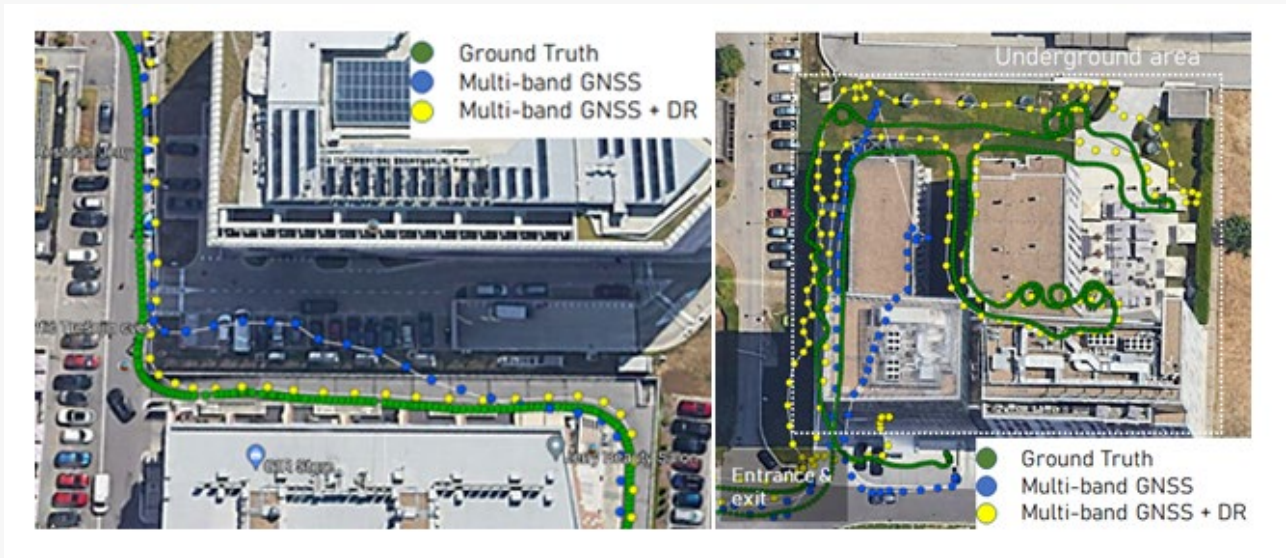
표 1: 각 시나리오의 포지셔닝 오차

시나리오	오차(m)	LC29HAA	LC29HCA
전체	CEP68	2.40	2.62
	CEP95	11.91	6.05
대로변	CEP68	2.82	2.62
	CEP95	5.19	4.35
도시	CEP68	4.29	1.93
	CEP95	11.00	3.26
차고	CEP68	N/A	4.36
	CEP95	N/A	5.36

성능 차이에 대한 자세한 내용은 그림 8에서 확인할 수 있으며, DR이 없는 멀티밴드 GNSS 솔루션은 도심 깊숙한 곳에서 심각한 편향을 보였고, 차고 내부에서는 출력이 중단되었습니다. DR 솔루션은 어려운 환경에서도 지속적으로 매우 정확한 위치를 출력했습니다.



그림 8: 도심 및 지하 차고 시나리오에서 DR의 이점



> 전기스쿠터에 RTK를 사용하면 어떤 이점이 있나요?

마찬가지로, RTK의 효과를 입증하기 위해 LC29HCA(멀티밴드 GNSS+DR)와 LC29HBA(RTK+DR) 간의 비교 테스트가 수행되었습니다. 그림 9를 보면 대로변과 도심 깊숙한 지역과 같은 어려운 시나리오에서 RTK 솔루션의 성능이 RTK가 없는 솔루션과 비슷하다는 것을 알 수 있습니다.

RTK 솔루션은 open sky 시나리오에서 명확한 이점이 있으며, RTK가 안정적으로 고정된 경우 센티미터 또는 데시미터 단위의 정확도를 달성할 수 있습니다.

그림 9: LC29HCA(멀티밴드 GNSS + DR) 및 LC29HBA(RTK + DR)의 2D 위치 오차

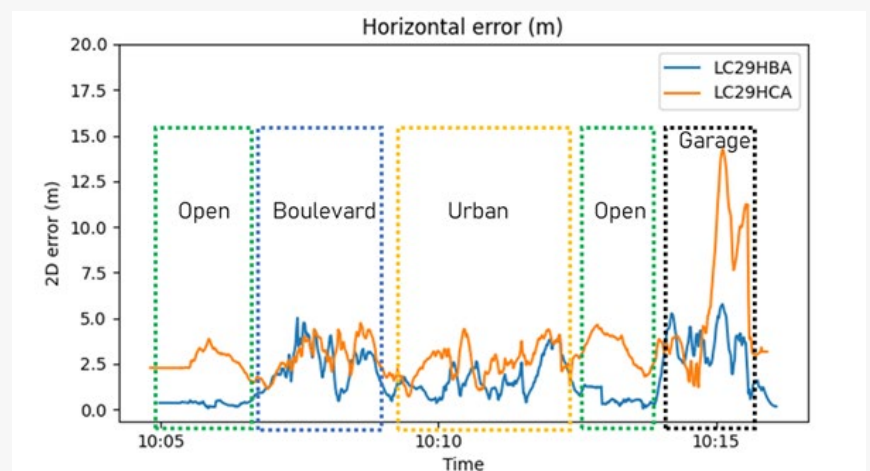


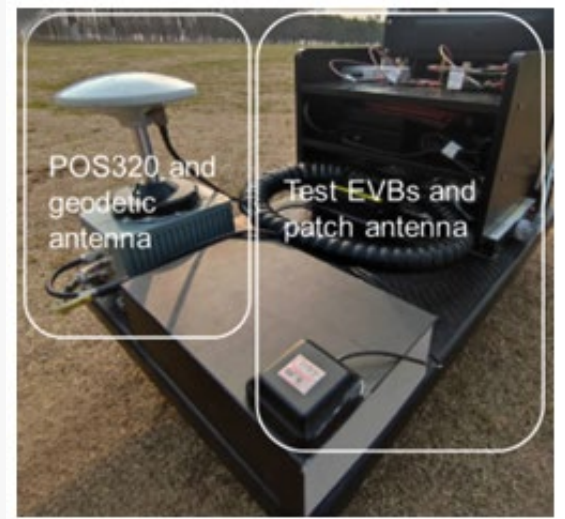
표 2: 각 시나리오의 포지셔닝 오차

시나리오	오차(m)	LC29HCA	LC29HBA
전체	CEP68	3.35	2.18
	CEP95	8.13	4.20
Open sky	CEP68	3.00	0.36
	CEP95	3.51	0.46

로봇 예초기에 대한 필드테스트 데모

로봇 예초기 테스트에는 플랫폼 트롤리를 사용하여 기준 시스템을 고정하고 EVB를 테스트합니다. 그림 10과 동일한 기준 장치(POS320)를 사용하여 전용 측지 안테나에 연결하여 최상의 성능을 달성합니다.

그림 10: 예초기 테스트 플랫폼



해당 테스트에서는 포지셔닝 성능을 평가하기 위해 다양한 시나리오를 고려했습니다. 이러한 시나리오에는 open sky, 수목 경계, 삼림지대, 주택 인근 담벼락 등이 포함됩니다. 종합적인 테스트 궤적은 이러한 모든 시나리오를 포함하도록 설계되었습니다. 실외공간 시나리오는 하늘 방향으로 개방된 공원에서 진행되었으며, 수신기 주위의 360도 시야에 방해가 없는 open sky에서 진행했습니다.

수목 경계 시나리오는 울창한 나무가 하늘의 한 쪽을 부분적으로 가리는 숲 옆의 길에서 진행되었습니다. 시스템을 테스트하기 위해 테스트 플랫폼은 때때로 나무 아래로 이동하여 추가적인 스트레스를 발생시켰습니다.

삼림지대 시나리오는 키 큰 나무로 둘러싸인 울창한 숲 속을 통과하는 테스트 플랫폼을 탐색하는 것입니다.

해당 시나리오는 심각한 신호 장애와 그에 따른 RTK 가용성 저하를 초래했기 때문에 가장 큰 어려움을 겪었습니다.

그림 11: LC29HEA(10Hz RTK)의 2D 위치 오차

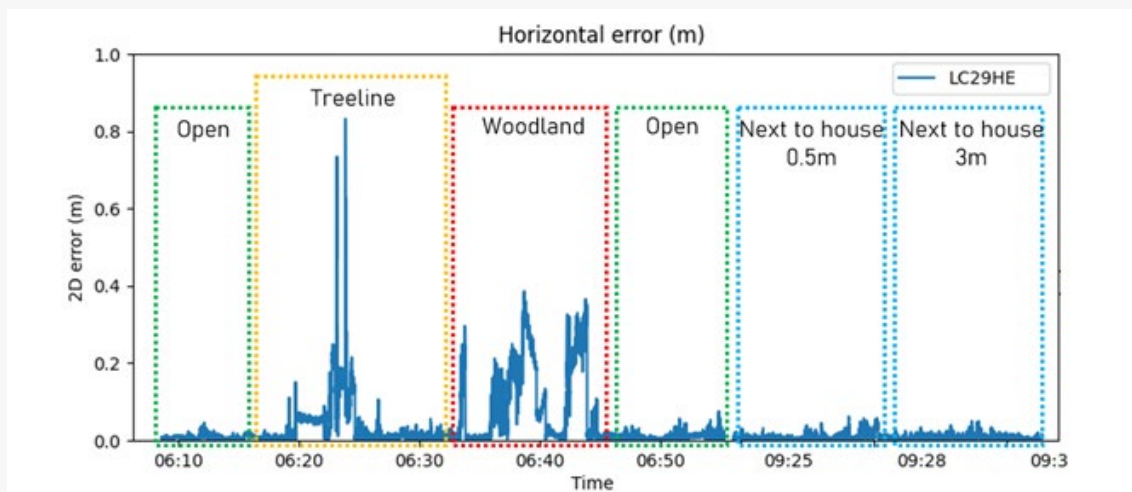


그림 11과 표 3은 각 시나리오의 2D 위치정보 오차와 CEP 오차를 보여줍니다. RTK 고정 솔루션과 센티미터 수준의 정확도는 open sky 지역과 주택 인근 시나리오에서 일관되게 달성되었습니다. 수목 경계 시나리오에서 RTK 고정 솔루션의 오차는 10cm 미만으로 83.6%의 고정률을 달성했습니다. 수목 경계와 삼림지대 시나리오에서는 GNSS 신호가 나무의 영향을 크게 받으면서 수신기가 RTK 고정 상태에서 벗어나는 경우가 많아져, 정확도가 데시미터 또는 미터 수준으로 저하되었습니다.

표 3: 각 시나리오의 위치 오차

시나리오	RTK 고정률(%)	CEP68 오차 (m)	CEP95 오차 (m)
전체	88.35%	0.05	0.28
Open sky	100%	0.01	0.02
수목 경계	83.6%	0.05	0.16
삼림지대	71%	0.14	0.30
주택 인근 0.5m	100%	0.01	0.03
주택 인근 3m	100%	0.01	0.02



결론

본 백서는 대중시장 IoT 애플리케이션에서 정확하고 강력한 포지셔닝의 필요성을 강조하고 있습니다. 최근, 점점 더 많은 애플리케이션 시장이 보다 정확하고 강력한 위치측정에 의존하고 있습니다. RTK와 DR 기술을 GNSS와 결합하면, 주류의 지능형 디바이스가 감당할 수 있는 비용 수준과 전력 소비로 정확하고 강력한 포지셔닝이 가능합니다. 전동스쿠터 및 전기 자전거부터 예초기, 드론, 탐지기와 다른 로봇에 이르기까지 다양한 분야에 적용 가능하며, 운영 효율성 개선, 안전성 강화, IoT 활용 가능성 확대 등의 이점을 누릴 수 있습니다.

Quectel은 혁신적인 시리즈로 비용 절감과 성능 향상을 실현하고 있습니다. GNSS 모듈과 포괄적 범위의 안테나를 통해 비용을 절감하고 성능을 향상시키고 있습니다. 이런 모듈, 서비스 및 안테나 포트폴리오는 많은 대중 시장 디바이스에서 일관되고 정확한 포지셔닝을 그 어느 때보다 쉽게 달성할 수 있게 해줍니다.



자세한 정보를 확인하거나 필요에 맞는 구체적인 사용 사례 및 구현 전략에 대해 논의하려면 Quectel에 문의하세요.

.....

