

시장 조사 요약

# 블루투스® 채널 사운딩이 변화시킬 위치 측정 서비스의 미래



# 목차

서문	3
블루투스 디바이스 위치 측정 서비스의 진화	4
블루투스® 채널 사운딩 설명	5
위상 기반 거리 측정 (PBR)	5
양복 시간 측정 (RTT)	5
블루투스® 위치 서비스 사양의 전체 구성	7
블루투스® 채널 사운딩의 주요 이점	8
블루투스® 채널 사운딩 활용 사례	10
Find My 솔루션	10
디지털 키 솔루션	11
기타 활용 사례	11
자산 추적	12
휴먼 인터페이스 디바이스(HID)	12
근접 상호작용 및 자동화	12
휴먼 머신 인터페이스(HMI)	13
미래의 활용 사례	13
블루투스® 채널 사운딩을 활용한 효과적인 거리 인식 활용 사례	14
업계를 위한 권장사항	16
호환 가능한 하드웨어의 신속한 도입 보장	16
다양한 활용 사례와 폼팩터에 최적화된 솔루션 개발	16
산업 컨소시엄과의 협력	16
차별화 요소 강화	17
블루투스® 채널 사운딩의 이점에 대한 업계 교육	17
새로운 활용 사례 및 경험 활성화	17
범용적이고 광범위한 블루투스 생태계 활용	17
타 기술과의 협업 방식 탐색	18
블루투스 시장 조사 커뮤니티	19



**앤드류 지그나니**  
리서치 부문 이사

ABI 리서치의 전략 기술팀 수석 리서치 부문 이사인 앤드류는 빠르게 변화하는 무선 연결 시장을 연구하며, 블루투스 기술, Wi-Fi, 802.15.4, 근거리 무선 통신(NFC), HaLow, 와이기그(WiGig) 및 기타 새로운 무선 기술과 표준에 대한 시장 예측과 정성적 통찰에 중점을 두고 있다. 특히, 무선 연결 기술의 기술적 발전과 장기적인 전망에 관한 보고서를 작성하며, 이러한 기술을 통해 사물인터넷(IoT)이 새로운 산업 분야를 대상으로 점점 더 확장되고 있다는 점에 주목하고 있다.

## 서문

근거리 무선 연결 기술의 환경은 빠르게 변화하고 있다. 블루투스®(Bluetooth®), Wi-Fi, 초광대역(Ultra-wideband)과 같은 기술은 과거에는 주로 디바이스 간 데이터 송수신에 중점을 두었으나, 점점 다기능적으로 진화하고 있다. 최근, 블루투스® 채널 사운딩(Bluetooth® Channel Sounding)의 도입으로 블루투스 기술은 위치 인식 기능에 안전하고 고도화된 거리 측정 기능을 추가하여 정밀 거리 인식이 가능하다.

블루투스® 채널 사운딩은 매우 정확하고 안전한 디바이스 위치 측정 서비스를 제공하여, 개인 물품 추적이나 디지털 키 등은 물론, 블루투스® 디바이스 간의 정확한 거리를 활용할 수 있는 다양한 사례를 지원한다.

현재 시장에 출시된 방대한 블루투스 디바이스 생태계와 Find My 네트워크를 통해 대부분의 블루투스 디바이스가 정확한 위치 파악이 가능해질 것이다. 이와 같은 기술 향상을 통해 앞으로는 서로 연결된 디바이스 간의 정밀 거리 인식 기능이 빠르게 발전할 것이다.

## 블루투스 디바이스 위치 측정 서비스의 진화

블루투스 LE의 위치 서비스 기능은 2010년 처음 도입된 이후, 디바이스의 근접성, 방향, 그리고 거리를 측정할 수 있는 다양한 기술과 결합되어 발전해왔다.

최초의 위치 기술은 블루투스 비콘(Bluetooth beacons)으로 시작되었다. 비콘은 블루투스 LE의 애드버타이징 기능을 활용해 정보를 주변 디바이스로 송출하고, 주변의 디바이스는 이를 스캔해 정보를 수신한다. 이 방식은 디바이스가 다른 디바이스 근처에 있을 때, 예를 들어 스마트폰이 매장에 설치된 비콘 근처에 있을 때 위치를 파악할 수 있다.

또한, 수신 디바이스는 수신된 신호의 강도를 측정하는 RSSI(수신 신호 강도 지표)를 활용해 비콘과의 거리를 추정할 수 있다. 이러한 기술은 삼변측량(trilateration) 기술과 결합되어 다양한 활용 사례를 만들어 냈다. 대표적인 예로 Find My 아이템 추적기, 근접 마케팅, 실내 내비게이션, 디지털 키, 그리고 자산 추적 등이 있으며, 보통 미터 단위의 정확도를 제공한다.

2019년에는 블루투스® 방향 탐색(Bluetooth® Direction Finding)이 도입되어, 한 디바이스가 다른 블루투스 디바이스로부터 전송된 신호의 방향을 파악할 수 있게 되었다. 이는 도달각(AoA)과 발신각(AoD) 위치 측정 기술을 통해 가능하며, 위치 서비스 활용 사례의 정확도를 높이는 데 기여했다.

AoA는 다중 안테나(또는 안테나 배열)을 갖춘 고정 로케이터 앵커 포인트를 통해 단일 안테나로 신호를 전송하는 블루투스 LE 태그의 위치를 파악할 수 있도록 지원한다. 신호가 수신되면, 로케이터는 신호가 발신된 방향을 계산할 수 있어 실시간 위치 추적 시스템(RTLS)과 자산 추적의 정확도를 서버미터 수준으로 크게 향상시킨다.

AoD는 이와 반대로 작동하며, 스마트폰과 같은 디바이스가 다중 안테나를 가진 고정 로케이터 앵커 포인트를 기준으로 자신의 위치를 파악할 수 있도록 한다. 스마트폰은 앵커 포인트에서 전송된 신호를 수신하고, 해당 신호가 온 방향을 계산하여 디바이스의 위치를 환경 내에서 파악할 수 있다.

이러한 기능은 교통 중심지, 병원, 교육 시설, 경기장, 기타 공공 장소 내의 실내 내비게이션 시스템을 크게 개선할 수 있다.

## 블루투스® 채널 사운딩 설명

블루투스® 채널 사운딩의 도입은 블루투스 LE 위치 측정 서비스 기능 발전에서 가장 최신 단계이다. 이를 통해 두 블루투스 LE 디바이스 간 거리를 센티미터 단위로 측정할 수 있는 안전하고 정밀한 거리 측정 기능이 추가되었으며, 이는 기존 RSSI 기술에 비해 정확도가 크게 향상되었다. 이러한 기능은 위상 기반 거리 측정 (Phase-based Ranging, PBR)과 왕복 시간 측정(Round-trip Time, RTT)이라는 두 가지 주요 기술을 통해 구현되며, 이에 대한 자세한 설명은 [여기](#) 에서 확인할 수 있다.

### 위상 기반 거리 측정 (PBR):

블루투스® 채널 사운딩은 위상 기반 거리 측정(PBR)을 활용하여 두 디바이스 간의 정밀한 거리 측정을 구현한다. PBR에서는 이니시에이터 디바이스(Initiator)가 신호를 반사 디바이스(Reflector)에 전송하면, 반사 디바이스가 이를 다시 반환한다. 이 과정은 여러 주파수에 걸쳐 반복되며, 전송된 신호와 수신된 신호 간의 위상 차이를 기반으로 두 디바이스 간의 거리가 계산된다. 아래 그림 1은 PBR이 작동하는 방식을 시각적으로 보여준다.

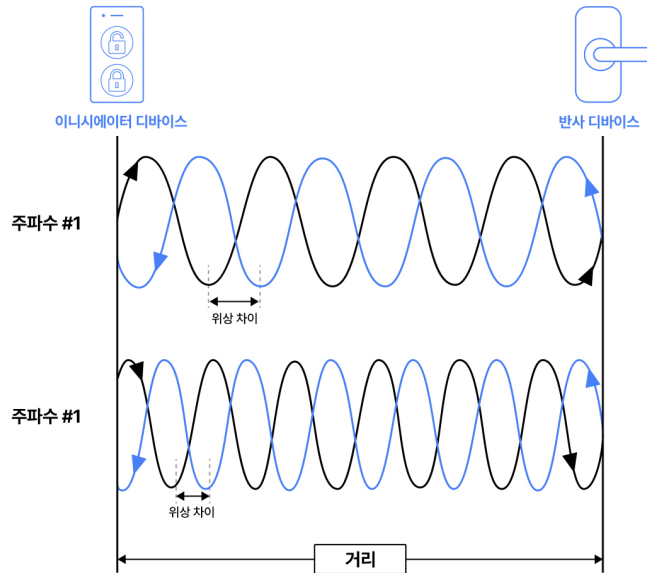


그림 1: 위상 기반 거리 측정 (PBR) 출처: 블루투스 SIG

### 왕복 시간 측정 (RTT):

블루투스® 채널 사운딩은 왕복 시간 측정(RTT)이라는 보조 거리 측정 방법을 사용하여 복잡한 중간자 공격 (MITM)을 방어한다. RTT에서는 이니시에이터 디바이스(Initiator)가 암호화된 패킷을 반사 디바이스 (Reflector)로 전송하고, 반사 디바이스는 이를 다시 반환한다. 두 디바이스 간의 거리는 패킷이 왕복하는데 걸린 시간으로 계산된다. RTT는 보안 거리 측정 기법으로, PBR 측정값을 교차 확인하는 독립적인 거리 측정을 제공하여 MITM의 위험을 크게 줄여준다.

PBR과 RTT를 결합함으로써 블루투스® 채널 사운딩은 디바이스 간에 안전하고 정확한 거리 측정을 가능하게 한다. 아래 그림 2는 RTT가 작동하는 방식을 시각적으로 보여준다.

세밀한 거리 측정 기술과 방향 및 존재 감지 기능을 결합하여 블루투스®는 위치 측정 서비스 기능의 전체 구성을 완료했다. 아래 그림 3은 지금까지 블루투스 LE의 주요 위치 측정 서비스 기능을 요약한 것이다.

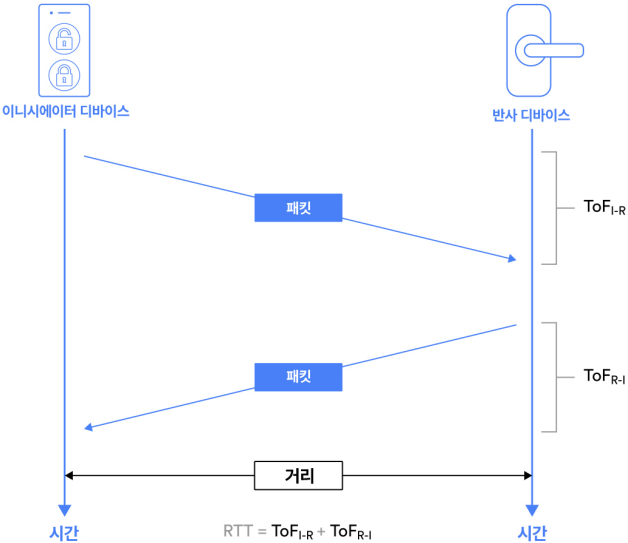


그림 2: 왕복 시간 측정 (RTT) 출처: 블루투스 SIG

## 블루투스® 위치 측정 서비스 사양의 전체 구성

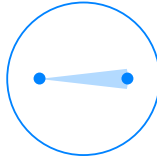
블루투스® 채널 사운딩 기능이 추가되면서 블루투스 기술의 위치 측정 기능은 두 디바이스 간의 거리를 측정하는 다양한 기술 뿐 아니라 존재를 감지하고 방향을 이해하는 검증된 방법도 포함하게 되었다.

### 존재 여부 근처에 있습니다



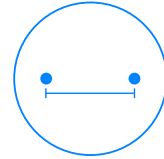
블루투스® 애드버타이징은 송신 디바이스가 특정 범위 내의 스캔 디바이스에 자신의 존재를 공유할 수 있도록 하여, 한 디바이스가 다른 디바이스의 존재를 감지할 수 있도록 한다.  
블루투스 애드버타이징은 일반적으로 디바이스가 다른 디바이스의 존재 여부를 최대 100m 이상의 거리에서도 파악할 수 있도록 한다.

### 방향 그 방향입니다



블루투스® 방향 탐색(Bluetooth Direction Finding)은 수신 디바이스가 송신 디바이스에서 오는 신호의 방향을 파악할 수 있도록 해준다. 이 기술은 신호 방향을 측정하는 두 가지 방법인 AoA와 AoD를 포함한다. 블루투스 방향 탐지는 일반적으로 신호의 방향을 +/- 5도 이내로 파악할 수 있다.

### 거리 이 만큼 떨어져 있습니다



블루투스 RSSI와 채널 사운딩은 각각 근거리 측정과 정밀한 거리 측정을 가능하게 하는 기능이다. 각 기능은 수신 디바이스가 송신 디바이스와의 거리를 추정할 수 있도록 한다.  
RSSI는 수신된 라디오 신호의 전력 수준을 측정하여 거리를 추정한다. 블루투스 RSSI는 일반적으로 미터 단위의 정확도로 거리 추정이 가능하다.  
블루투스® 채널 사운딩은 PBP와 RTT를 활용하여 디바이스가 다른 디바이스와의 거리를 센티미터 단위의 정확도로 계산할 수 있게 하여, 정밀 거리 인식을 가능하게 한다. 블루투스 채널 사운딩은 일반적으로 +/- 50cm의 정확도로 최대 100미터까지 거리 측정이 가능하다.

그림 3: 블루투스 위치 측정 서비스 기능 (출처: 블루투스 SIG)

## 블루투스® 채널 사운딩의 주요 이점

앞서 언급한 블루투스® 채널 사운딩의 기능을 고려할 때, 이 기술이 제공하는 여러가지 이점이 있다. 아래 표 1에서 이들에 대해 더 자세히 설명한다

주요 이점	설명
정밀한 거리 측정	블루투스® 채널 사운딩은 다중 채널, 위상 기반 거리 측정(PBR)을 활용하여 블루투스®로 연결된 디바이스 간의 매우 정확한 정밀 거리 측정을 가능하게 한다. 블루투스® 채널 사운딩은 상당한 거리에서도 센티미터 단위의 정확도를 제공하여 대부분의 애플리케이션 요구 사항을 충족하며, 심지어 가장 간단한 수준의 연결 디바이스도 실제 거리 인식을 활용할 수 있도록 한다.
높은 보안성	블루투스® 채널 사운딩에서 PBR과 RTT를 함께 사용하면, 승인된 디지털 키 또는 스마트 키가 특정 거리 내에 실제로 있을 때만 차량이나 건물의 잠금이 해제되도록 보장한다. 이를 통해 중간자 공격(MITM)으로부터 훨씬 더 안전하게 보호한다.
추적 디바이스에서의 도입 보편화	블루투스 LE는 스마트폰, PC, 태블릿, 웨어러블 디바이스와 같은 소비자 플랫폼 디바이스에서 널리 사용되고 있어, 잠재적인 이니시에이터 디바이스의 방대한 설치 기반을 형성하고 있다. 블루투스® 채널 사운딩을 지원하려면 하드웨어 업그레이드가 필요할 수 있지만, 일부 디바이스는 이 기능을 지원하도록 업그레이드할 수 있다. 또한, 향후 UWB(초광대역) 정밀 거리 측정 솔루션의 보급이 증가할 것으로 예상되지만, 블루투스® 채널 사운딩 호환 하드웨어의 보급은 UWB 기술의 보급보다 훨씬 더 빠를 것으로 예상된다.
거대한 블루투스 디바이스 생태계	2029년에는 약 80억 대의 블루투스 디바이스가 출하될 것으로 예상되며, 시간이 지나면서 블루투스 채널 사운딩을 통합할 수 있는 디바이스가 엄청나게 많아질 것이다. 블루투스® 채널 사운딩을 다중 안테나로 구현하는 고급 방식은 더 복잡할 수 있지만, 단일 안테나를 사용하는 방식은 기존 블루투스 LE 제품의 디자인에 영향을 주지 않고 블루투스® 채널 사운딩을 활성화할 수 있다. 디바이스에 이미 내장된 블루투스 칩을 활용하여, Find My 네트워크와 같은 다양한 연결된 디바이스 솔루션에 통합될 수 있는 확장 가능한 생태계를 구축할 수 있다.



주요 이점	설명
비용 절감 및 복잡성 감소	블루투스® 채널 사운딩을 구현하기 위해 추가적인 무선 장치를 통합할 필요없이 부품비용(BOM)을 절감하면서도 안전한 거리 측정을 제공한다. 예를 들어, 블루투스 LE 오디오를 지원하는 트루 와이어리스 이어폰이나 충전 케이스는 UWB 칩을 통합하기 위해 보드를 재설계하지 않고도 블루투스® 채널 사운딩을 구현할 수 있다. 이를 통해 비용, 복잡성, 시장 출시 시간을 줄이면서 분실 시에 해당 디바이스를 정확하게 추적할 수 있다. 블루투스 LE 칩은 이미 오디오 기능을 위해 필수적으로 필요하므로, 추가 비용은 블루투스® 채널 사운딩을 지원하는 칩셋을 사용하는 데만 발생한다.
상호 운용성	블루투스 생태계의 주요 장점 중 하나는 모든 디바이스가 완벽하게 상호 운용된다는 점이다. 이는 한 제조사의 블루투스® 채널 사운딩 호환 스마트폰이나 모바일 디바이스가 다른 제조사의 블루투스® 채널 사운딩 디바이스를 추적할 수 있다는 것을 의미한다. 이는 다양한 디바이스와 애플리케이션을 처리할 수 있는 확장 가능한 솔루션 환경을 구축하는 데 도움이 된다.
전력 소비 절감	블루투스® 채널 사운딩은 블루투스 LE 기술이 본래 제공하는 저전력 특성을 활용한다. 이는 배터리 민감도가 높은 디바이스에 높은 보안성을 요구하는 거리 측정 기술을 통합할 때 중요한 요소가 될 것이다.
신뢰성	블루투스® 채널 사운딩 솔루션은 다중 안테나를 활용하여 다중 경로 반사의 영향을 줄여 정확도를 개선할 수 있다. 이를 통해 다양한 환경에서 거리 인식의 신뢰성을 높일 수 있다.

표 1: 블루투스® 채널 사운딩의 주요 이점

## 블루투스® 채널 사운딩 활용 사례

현재 블루투스® 채널 사운딩은 도입 초기 단계에 있지만, 플랫폼 장치와 연결된 다양한 디바이스에서 블루투스 기술이 널리 사용되고 있다는 점은 소비자, 기업, 산업 환경 전반에서 거리 인식 기술의 시장 확대 가능성을 크게 높여준다. 특히, 대부분의 정밀 거리 측정 사례에 적합한 센티미터 수준의 정확도를 제공하는 블루투스® 채널 사운딩은 UWB(초광대역)과 같은 대체 기술에 비해 매력적인 선택으로 떠오르고 있다. 물론 UWB는 정확도가 높고 지연시간은 낮출 수 있지만, 주파수 통합을 위한 추가 비용, 모바일 및 플랫폼 디바이스에서의 제한된 지원, 더 높은 전력 소비 등의 단점도 고려해야 한다. 2029년 한 해에만 약 80억 대의 블루투스 지원 디바이스가 출하될 것으로 예상되는 만큼, 블루투스® 채널 사운딩이 가져올 기회는 상당히 크다. 다음 섹션에서는 이 기술이 정밀 거리 측정이 필요한 다양한 응용 분야를 어떻게 쉽고 경제적으로 지원할 수 있는지 자세히 살펴보겠다.

### Find My 솔루션

2010년 블루투스 LE가 도입된 이후, 배터리로 작동하는 개인용 추적기가 위치 기반 기술의 가장 주목할만한 응용 사례 중 하나로 자리 잡았다. 이 기술을 통해 지갑, 가방, 백팩, 자전거, 휴대폰 및 태블릿 케이스, 수하물, 열쇠, 악기 케이스, 반려동물, 기타 소중한거나 감성적인 물품 등에 전용 태그를 부착하거나 삽입할 수 있게 되었다. 블루투스® 채널 사운딩을 활용하면 사용자는 분실한 물건에 가까워지는지 또는 멀어지는지를 센티미터 단위까지 정확하게 파악할 수 있어, 물건을 찾는 과정이 더 쉽고 직관적이며 빠르게 개선된다.

하지만 블루투스® 채널 사운딩의 도입으로 더 흥미로운 점은, 별도의 태그를 삽입하지 않아도 호환 칩셋이 탑재된 블루투스 LE 지원 디바이스라면 거의 모든 디바이스를 더 정확하게 추적할 수 있다는 것이다. 예를 들어, 블루투스 LE를 지원하는 리모컨, 오디오기기, 커넥티드 장난감, 게임 콘솔 컨트롤러 등은 하드웨어 추가 없이도 향상된 거리 인식 기능을 제공할 수 있다.

점점 더 많은 블루투스 플랫폼 디바이스에 Find My 기능이 통합됨에 따라, 블루투스® 채널 사운딩을 지원하는 연결된 디바이스의 보급이 증가하고 Find My 및 Find My Device 네트워크의 규모와 정확성도 크게 확대할 수 있다. 이를 통해, 잃어버린 물건을 더 쉽게 찾을 수 있는 방대한 블루투스 Find My 디바이스 네트워크를 구축할 수 있게 된다.

## 디지털 키 솔루션

RSSI 기반 블루투스 LE 디지털 키 솔루션은 이미 오래 전부터 사용되어 왔다. 블루투스 LE를 지원하는 스마트 키와 휴대폰을 키로 사용하는 방식은 문, 출입구, 차고, 자전거 자물쇠, 금고, 캐비닛 및 서랍 잠금장치 등 다양한 기기를 잠그고 여는 데 사용된다. 블루투스® 채널 사운딩은 중간자 릴레이 공격을 방지하는 추가의 보안 계층을 제공하며, 이는 블루투스 기술을 디지털 키 및 접근 제어 솔루션에 도입할 때의 주요 우려 사항을 해결해준다. 또한 대부분의 배포 시나리오에 충분한 정확도와 낮은 지연 시간을 제공한다.

현재 자동차 산업을 중심으로 다양한 프로토콜을 결합한 접근 제어 솔루션이 빠르게 확산되고 있다. 이는 [카 커넥티비티 컨소시엄\(Car Connectivity Consortium\)](#)의 디지털 키 릴리스 3.0 사양에 힘입은 것으로, UWB, 블루투스 LE, NFC를 결합한 방식이다. 이와 유사하게, 2023년 CSA(Connectivity Standards Alliance)가 공개한 [알리로\(Aliro\)](#)는 접근 리더기와 스마트폰, 웨어러블 디바이스 등의 사용자 디바이스 간의 통신 프로토콜을 표준화하여 더 편리하고 일관된 접근 제어 경험을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 한편, 중국의 ICCOA(Intelligent Connected Car Open Alliance) 및 ICCE(Intelligent Connected Car Ecosystem Alliance)와 같은 단체도 CCC와 유사하게 UWB, 블루투스 LE, NFC 기술을 결합한 접근 방식을 연구하고 있다.

그러나 UWB가 아직 보편화되지 않았고 추가 비용과 복잡성이 수반된다는 점을 고려할 때, 업계에서는 많은 OEM들이 고급 및 프리미엄 시장 외의 영역에서 블루투스® 채널 사운딩을 자동차, 주택, 건물의 접근 제어를 위한 비용 효율적인 솔루션으로 채택할 가능성이 높다고 보고 있다. 이는 스마트폰과 기타 디바이스에서 널리 사용되는 블루투스 LE 기술의 강점을 활용한 결과이다. 따라서 블루투스® 채널 사운딩은 자동차, 주택, 기업, 산업 환경에서 디지털 키 및 휴대폰 기반 키 배포를 확장하는 데 중요한 역할을 할 잠재력을 가지고 있다.

독립형 블루투스® 채널 사운딩 디지털 키 솔루션 뿐 아니라, 블루투스® 채널 사운딩은 UWB 기술과 상호 보완적인 역할을 수행할 가능성이 크다. 접근 제어 솔루션에서 사용자가 멀리 있을 때 블루투스® 채널 사운딩을 활용해 거리를 측정하고, 잠금 해제나 차량 내부와 같은 근거리 사용 사례에서는 UWB로 전환할 수 있다. 이 과정에서 블루투스® 채널 사운딩을 사용하면 UWB 기반 접근 제어 솔루션의 전력 소비를 줄이는 데 도움이 된다.

## 기타 활용 사례

연결된 디바이스가 서로의 위치를 정확하게 파악할 수 있는 기능은 자산 추적이나 접근 제어를 넘어, 새로운 혁신적 활용 사례를 보여준다. 블루투스® 채널 사운딩이 제공하는 향상된 센티미터 단위의 정밀도는 블루투스 LE 지원 디바이스에 새로운 혁신적 기능을 제공할 잠재력을 가지고 있다. 여기에는 휴먼 인터페이스 장치(HID), 근접 상호작용 및 자동화, 그리고 휴먼 머신 인터페이스(HMI)와 같은 기능이 포함된다.

## 자산 추적

블루투스® 채널 사운딩은 기존 솔루션에 비해 복잡성을 줄이면서도 실내 자산 추적 애플리케이션의 성능과 보안을 크게 향상시킬 수 있다. 예를 들어 병원과 같은 기업 환경에서는 스마트폰을 활용해 고가의 장비를 손쉽게 추적할 수 있어 생산성을 높이고 중요한 자산의 분실을 방지할 수 있다. 소매점 환경에서는 고가의 장비에 블루투스® 채널 사운딩 태그를 장착해 지정된 영역을 벗어날 경우 알림을 보낼 수 있다. 또한, 창고나 건설 현장에서는 블루투스® 채널 사운딩을 지원하는 도구를 통해 더 복잡한 RTLS(실시간 위치 추적 시스템) 인프라를 설치하지 않고도 자산을 추적할 수 있다. 이 외에도 고가 자산은 미리 설정된 위치를 벗어나 갑작스럽게 이동하면 알림을 활성화해 도난을 방지할 수 있다. 이러한 솔루션은 RSSI 및 AoA/AoD 기반의 확장 가능한 자산 추적 구현을 보완하여 수백에서 수천 개의 자산을 추적할 수 있도록 도와준다. 더불어 블루투스® 채널 사운딩은 방향 탐지와 같은 다른 기술과 결합해 자산 추적 플랫폼의 정확도와 보안을 더욱 강화할 수 있습니다.

## 휴먼 인터페이스 디바이스 (HID)

센티미터 수준의 거리 측정 기능을 제공함으로써, 다양한 주변기기나 액세서리 디바이스가 스마트폰, PC, 태블릿, 스마트 TV와 같은 플랫폼 디바이스로부터 자신의 상대적 위치를 정확하게 파악할 수 있게 되었다. 예를 들어, 마우스, 키보드, 컨트롤러와 같은 디바이스가 PC와의 거리 변화에 따라 자동으로 활성화 또는 비활성화 상태로 전환될 수 있다. 사용자가 노트북을 들고 이동하면, 설정된 거리를 벗어날 경우 무선 키보드나 마우스가 비활성화될 수 있다. 반대로, 게임 컨트롤러를 노트북 옆에 두면 자동으로 활성화될 수도 있다. 이러한 기능은 사용자 경험을 개선하는 동시에 해당 디바이스의 배터리 수명을 연장하는 데 기여할 수 있다.

## 근접 상호작용 및 자동화

블루투스® 채널 사운딩의 또 다른 잠재적 활용 사례는 플랫폼 디바이스가 사용자의 스마트폰이나 스마트워치와의 근접성을 감지하여 특정 거리 이내에 들어오면 화면을 자동으로 잠그거나 해제하는 기능이다. 예를 들어, 블루투스® 채널 사운딩을 지원하는 스마트워치를 착용한 사용자가 PC에 접근하면 자동으로 잠금이 해제되고, 일정 거리 이상 멀어지면 다시 잠길 수 있다. 이 기술은 사용자를 감지하여 PC의 로그인 프로필을 자동으로 전환하는 기능도 가능하게 할 수 있다.

블루투스® 채널 사운딩은 근접성 또는 지오펜싱 (Geofencing) 기반 자동화를 통해 다양하고 혁신적인 사용자 경험을 가능하게 한다. 예를 들어, 스마트폰을 가전제품 근처에 가져가기만 하면 관련 제어 패널이 자동으로 표시되어, 디바이스 내 설치된 앱을 일일이 찾을 필요가 없어질 수 있다. 도어락처럼 조명, 오디오기기, 온도 조절기와 같은 디바이스도 사용자가 방을 이동함에 따라 반응할 수 있다. 이를 통해 사용자의 선호도에 따라 개인화된 환경 설정이 가능하다. 병원에서는 의료진이 환자에게 접근하면 해당 환자의 기록이 자동으로 디바이스에 표시될 수 있으며, 반대로 인증되지 않은 사용자가 자산, 가전제품, 디바이스 등을 조작하지 못하도록 사용 제한을 설정할 수도 있다. 이와 같은 기술은 근접성을 기반으로 디바이스 온보딩 및 프로비저닝 과정을 원활하게 지원하는 데에도 활용할 수 있다.

## 휴먼 머신 인터페이스 (HMI)

반대로, 사용자와 장비 사이에 안전 거리가 확보되었을 때만 위험한 장비나 기계가 작동하도록 설정해 작업자의 안전을 강화할 수도 있다. 예를 들어, 상업 및 산업 환경에서 로봇, 기계, 가전제품, 도구 등을 제어하는 HMI(Human-Machine Interface)는 블루투스® 채널 사운딩을 활용해 RSSI 솔루션보다 더 정확하게 사용자 위치를 파악할 수 있다. 이를 통해 사용자가 장비를 안전하게 작동할 수 있는 거리를 충족했는지 확인할 수 있다.

## 미래의 활용 사례

블루투스® 채널 사운딩 기술이 아직 초기 단계에 있는 만큼, 시간이 지나면서 어떤 새로운 활용 사례나 디바이스 유형이 등장할지 예측하기는 어렵다. 그러나 미래에는 블루투스 스마트 조명을 포함한 디바이스가 스스로 성능을 최적화하고 구성할 수 있는 기능 등의 잠재적인 활용 사례가 있을 수 있다. 스마트폰과 기타 플랫폼에서 블루투스 LE가 널리 사용되고 있는 점을 감안할 때, ABI 리서치는 블루투스® 채널 사운딩의 보급이 가속화됨에 따라 향후 수년간 많은 새로운 활용 사례가 등장할 것으로 전망한다.

## 블루투스® 채널 사운딩을 활용한 효과적인 거리 인식 활용 사례

현재, 시장에는 UWB, Wi-Fi, 블루투스 LE와 같이 거리 측정 기능을 제공하는 여러 무선 기술이 존재한다. 이들 기술은 각각 정확도, 전력 소비, 지연 시간, 범위, 확장성, 배포 용이성, 생태계 활성화, 비용 등 다양한 요소에서 고유한 장점과 함께 이에 수반되는 단점도 있다. 블루투스® 채널 사운딩은 센티미터 수준의 정확도, 스마트폰 및 플랫폼 디바이스에서 블루투스 기술의 보편적 사용, 낮은 칩셋 비용, 낮은 전력 소비, 설계 복잡성 감소, 추가 무선 장치 불필요 등의 이유로 많은 거리 측정 활용 사례에서 UWB의 정밀 거리 측정을 대체할 매력적인 대안이 될 수 있다. 일부 응용 분야에서는 블루투스® 채널 사운딩이 UWB와 경쟁할 것이며, 다른 경우에는 두 기술이 직접 결합하여 전반적인 위치 성능을 향상시킬 것이다.

하지만 보안 거리 측정을 위한 각 활용 사례는 서로 다른 요구 사항을 가진다는 점도 중요하다. 일부 응용 분야는 UWB의 높은 수준의 정밀도를 필요로 할 수 있지만, 많은 경우에는 지나치게 높은 수준의 사양일 수 있고, OEM 입장에서 단순히 보안 거리 측정을 위해 UWB를 통합하는 추가 비용과 복잡성을 감당하는 해야 하는 것을 정당화하기 어려울 수 있다. 예를 들어, 개인 추적기 활용 사례를 살펴보면, 물건의 크기에 따라 해당 물건이 몇 밀리미터 떨어져 있는지 아니면 몇 센티미터 또는 1미터 이내에 있는지를 구분하는 것에 큰 의미를 두지 않을 수 있다. 따라서 일부 개발자는 충분한 성능과 상호운용성, 낮은 비용 및 전력 소비를 제공하는 블루투스® 채널 사운딩 솔루션을 선택할 수 있는 반면, 또 다른 개발자는 추가 비용과 높은 전력 소비를 감수하면서도 더 높은 성능의 솔루션을 선택할 수도 있다.

예를 들어, 휴대폰을 키로 사용하는 접근 제어 응용 사례에서는 사용자가 1미터 이내에 있다는 것을 확인하는 것만으로도 문을 잠그거나 여는 데 충분한 경우가 많다. 오늘날 시장에는 이미 블루투스 LE 모바일 디바이스를 활용하여 접근 시 자동으로 잠금을 해제하는 블루투스 LE 도어락이 많이 출시되어 있다. 블루투스® 채널 사운딩은 추가적인 UWB 라디오 없이도 사용자가 더 가까운 거리 내에 있을 때만 문이 열리도록 하여 RSSI 기반 솔루션보다 강화된 보안과 더 나은 사용자 경험을 제공한다. 이미 2021년부터 브로드컴(Broadcom)이나 알프스 알파인(Alps Alpine Co., Ltd) 같은 기업들은 자동차 응용 프로그램을 위한 블루투스 LE 기반 보안 거리 측정 솔루션을 개발하기 위해 협력해왔다.

또한, 창고, 병원, 교육 시설, 산업 환경에서 소수의 고가 자산을 추적하는 경우 1~5미터 정도의 거리 측정만으로도 효율적으로 물품을 찾기에 충분한 경우가 많다. 그러나 물품이 더 작고 정밀도가 더 요구되는 경우, 블루투스® 채널 사운딩의 센티미터 수준 거리 측정 기능이 유용할 수 있다.

블루투스® 채널 사운딩의 잠재력을 가속화할 수 있는 주요 이점 중 하나는, 블루투스 기술이 이미 위치 추적이 가능한 많은 무선 디바이스에 내장되어 있다는 점이다. 블루투스® 채널 사운딩을 지원하면 별도의 스마트 태그를 장착하거나 추가적인 UWB 라디오를 통합하지 않고도 다양한 디바이스에서 추적 기능을 제공할 수 있다. 특히, 비용이 저렴한 단일 안테나 IoT 솔루션은 정밀도는 낮지만, 새로운 기술이나 복잡한 제품 설계를 도입할 필요 없이 충분한 거리 인식 기능을 제공할 수 있다.

이와 함께 블루투스 LE가 모바일 디바이스에서 널리 사용됨에 따라서 더 많은 디바이스 제조업체가 물품 추적, 존재 감지, 근접 활성화 등 다양한 활용 사례를 위해 자사 디바이스에 블루투스® 채널 사운딩 솔루션 지원을 추가하도록 장려할 수 있다. UWB가 스마트폰에서 점차 보급되고 있지만, 2023년 출하된 스마트폰 중 UWB를 탑재한 기기는 약 25%에 불과하다. 반면, ABI 리서치는 블루투스® 채널 사운딩을 지원하는 스마트폰과 기타 플랫폼 디바이스가 상호 호환되는 하드웨어의 확산과 함께 훨씬 빠르게 보급될 것으로 예상한다.

더불어, 블루투스® 채널 사운딩은 다양한 기준에 우선순위를 두고, 보안 강화, 높은 정확도, 낮은 지연 시간, 낮은 전력 소비 등 특정 응용 분야의 요구 사항에 맞게 조정할 수 있는 유연성을 제공한다.

## 업계를 위한 권장 사항

블루투스® 채널 사운딩은 이전의 RSSI 기술과 비교해 거리 측정 기능이 크게 개선되었으며 이를 통해 위치 생태계에 여러 이점을 제공한다. 그러나 블루투스® 채널 사운딩은 UWB 기술과 경쟁하는 시장에 진입하게 되며, UWB는 통합 비용과 기술 도입율에서 일부 제약이 있을 수 있지만, 뛰어난 정확도와 낮은 지연 시간이라는 독보적인 장점을 제공한다.

따라서, 블루투스 생태계는 향후 성공을 위해 블루투스® 채널 사운딩의 고유한 강점을 최대한 활용하는 데 최선을 다해야 한다. 이를 위해 다음과 같은 노력이 필요하다.

### 호환 가능한 하드웨어의 신속한 도입 보장

여러 칩셋 공급업체들이 블루투스® 채널 사운딩을 자사 솔루션에 통합해온 지 오래지만, 이 기술의 도입율은 플랫폼 디바이스 뿐 아니라 태그, 도어락, 출입 통제 리더기 등 다른 디바이스와의 호환 가능한 하드웨어와 디바이스가 확보되어야 결정될 것이다. 블루투스® 채널 사운딩을 지원하는 스마트폰과 다른 플랫폼 디바이스의 신속한 출시는 새로운 활용 사례와 거리 인식 기능을 갖춘 엔드 디바이스의 개발을 촉진하는 데에 기여할 것이다.

### 다양한 활용 사례와 폼 팩터에 최적화된 솔루션 개발

호환 가능한 스마트폰 외에도, 칩셋 공급업체는 블루투스® 채널 사운딩을 다양한 애플리케이션에 활용할 수 있도록 최적화된 솔루션을 제공해야 한다. 일부 공급업체는 이미 높은 가치의 자산 추적 애플리케이션을 겨냥한 단일 안테나 솔루션을 출시했으며, 현재는 스마트 키와 같은 크기 제한이 있는 디바이스를 위한 이중 안테나 솔루션을 개발하고 있다. 가장 높은 정확도와 보안을 제공하는 블루투스 채널 사운딩 솔루션도 시간이 지남에 따라 등장할 가능성이 크다. 제품 제조업체는 이러한 다양한 성능 지표를 바탕으로 우선순위를 정해야 한다. 블루투스® 채널 사운딩의 유연성 덕분에, 칩셋 공급업체는 정확도, 지연 시간, 보안, 비용 등 다양한 지표에서 차별화를 실현하여 경쟁 우위를 확보할 수 있다.

### 산업 컨소시엄과의 협력

블루투스 생태계는 또한 Car Connectivity Consortium, ICCOA(Intelligent Connected Car Open Alliance), ICCE(Intelligent Connected Car Ecosystem Alliance), CSA의 알리로(Aliro)와 같은 산업별 및 지역별 조직 및 프로그램과 긴밀히 협력해야 한다. 이를 통해 블루투스® 채널 사운딩을 출입 통제 및 키리스 엔트리 애플리케이션을 위한 또 다른 유효한 기술로 홍보하고, UWB 기술을 보완해야 한다. 이를 통해 기술에 대한 신뢰를 확립하고, 보안 중심의 더 엄격한 애플리케이션을 지원하는 기술의 가능성을 보여줄 수 있다.



## 차별화 요소 강화

기존에는 위치 추적 생태계에서 어떤 기술이 가장 높은 정확도를 제공할 수 있는지에 대한 관심이 많았다. 그러나 최근 몇 년 동안, 기술이 성공하려면 비용 효율적이고, 설치 및 관리가 용이하며, 상호운용 가능하고 확장 가능해야 한다는 인식이 확산되었다. 블루투스® 채널 사운딩은 바로 이 점에서 매력적이다. 이 기술은 주요 하드웨어 업그레이드나 복잡한 설계 없이도 디바이스에 쉽게 통합할 수 있다. 또한, 블루투스 LE 디바이스의 방대한 설치 기반과의 통신 능력, 강력한 상호운용성, 저비용, 저전력 소비 기능과 결합되어, 다양한 위치 추적 문제를 해결하는 이상적인 솔루션이다. 블루투스® 채널 사운딩을 홍보하는 사람들은 더 엄격한 성능을 요구하는 애플리케이션에 집중하기보다는, 센티미터 단위의 충분한 성능과 높은 보안을 강조해야 한다. 가장 많은 애플리케이션을 효과적으로 해결할 수 있으며, RSSI 솔루션에 비해 획기적인 업그레이드를 제공한다고 강조하는 것이 중요하다. UWB의 높은 정확도와 경쟁하기보다는, 추가적인 라디오 없이 쉽게 통합될 수 있다는 점에 중점을 두어야 한다.

## 블루투스® 채널 사운딩의 이점에 대한 업계 교육

블루투스® 채널 사운딩은 상대적으로 새로운 기술이기 때문에, 기술의 이점을 엔드 사용자에게 교육하고, 다양한 디바이스 유형에 따라 블루투스® 채널 사운딩의 주요 성과 지표(KPI)를 효과적으로 전달하는 작업이 필요하다. 시연, 시험, 사례 연구, 실제 제품과 그 성능 및 이점을 강조하는 것은 향후 몇 년간 추가적인 도입을 촉진하는 데 유익할 것이다.

## 새로운 활용 사례 및 경험 활성화

업계는 접근 제어와 개인 추적을 넘어 블루투스® 채널 사운딩으로 구현할 수 있는 새로운 활용 사례를 탐색해야 한다. 이러한 분야는 여전히 중요한 기회로 남겠지만, 거리 측정 기능을 처음으로 통합할 수 있는 다양한 디바이스 카테고리가 등장함에 따라 그 중요성이 상대적으로 줄어들 수 있다. 이는 새로운 사용자 경험을 혁신하고, 주변 환경과 상호작용하는 새로운 방식을 제시하며, 다양한 환경에서 개인화와 자동화를 더욱 향상시키는 데 기여할 수 있다.

## 범용적이고 광범위한 블루투스 생태계 활용

블루투스® 채널 사운딩 호환 하드웨어의 출시가 진행됨에 따라, 제품 재설계나 거리 측정 기능을 위해 추가 라디오를 삽입할 필요 없이 고정밀 거리 측정 기능을 통합할 수 있는 수십억 대의 디바이스가 시장에 등장할 것이다. 이는 블루투스 디바이스들이 서로의 상대적 거리를 공유할 수 있는 확장 가능성이 뛰어난 생태계를 만들어, 현재의 Find My 네트워크의 범위를 크게 확장할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 이로 인해 블루투스® 채널 사운딩 호환 하드웨어로 업그레이드하는 데 드는 비용만으로도 매력적인 새로운 사용 사례와 사용자 경험이 가능해질 것이다. 한편, 이미 블루투스 LE 기반의 RSSI 대략적인 거리 측정을 사용하는 많은 활용 사례가 있기 때문에, 이를 활용하면 대규모 하드웨어 재설계 없이 성능을 크게 개선할 수 있다.

## 타 기술과의 협업 방식 탐색

업체들은 블루투스® 채널 사운딩이 블루투스 RSSI, 블루투스 방향 탐색, Wi-Fi 또는 UWB와 같은 추가 기술과 어떻게 협력할 수 있을지에 대해서도 고민해야 한다. 이를 통해 성능을 극대화하면서 전력 소비와 배포의 복잡성을 줄일 수 있는 더욱 독창적인 위치 기반 솔루션을 만들 수 있다. 예를 들어, 현재 시장에는 UWB와 블루투스 LE 기술을 결합한 많은 디바이스가 있으며, 이러한 디바이스에 블루투스® 채널 사운딩이 추가되면 향후 성능 향상이 가능하다.

UWB가 일반적으로 블루투스 LE와 함께 채택되어야 하므로, 이는 블루투스 생태계에 잠재적인 이점을 가져올 수 있다.

궁극적으로 블루투스® 채널 사운딩은 안전하고 정밀한 거리 측정 솔루션을 보다 널리 보급할 수 있는 위치에 있다. 이 솔루션이 블루투스® 코어 사양에 통합됨으로써 빠르게 확장될 수 있는 잠재력을 가지고 있으며, 다양한 디바이스 유형에 걸쳐 정확하고 저전력의 안전한 정밀 거리 측정을 크게 향상시킬 수 있다. 이는 결국 정확한 Find My 솔루션, 안전한 출입 통제 및 향후 혁신적인 디바이스 간 상호작용과 같은 혁신적인 위치 기반 경험을 창출하는 데 기여할 것이다.

## 블루투스 시장 조사 커뮤니티

블루투스 시장 조사 커뮤니티에 가입하여 최신 블루투스® 기술 동향과 예측을 다룬 시장 데이터를 미리 받아보세요. 또한 어떤 데이터가 수집되고 공유되는지에 대해 의견을 제시할 기회를 얻어, 귀하와 귀하의 비즈니스에 가장 중요한 연구 자료를 받을 수 있습니다.

구독하기

[bluetooth.com/marketresearch](https://bluetooth.com/marketresearch)