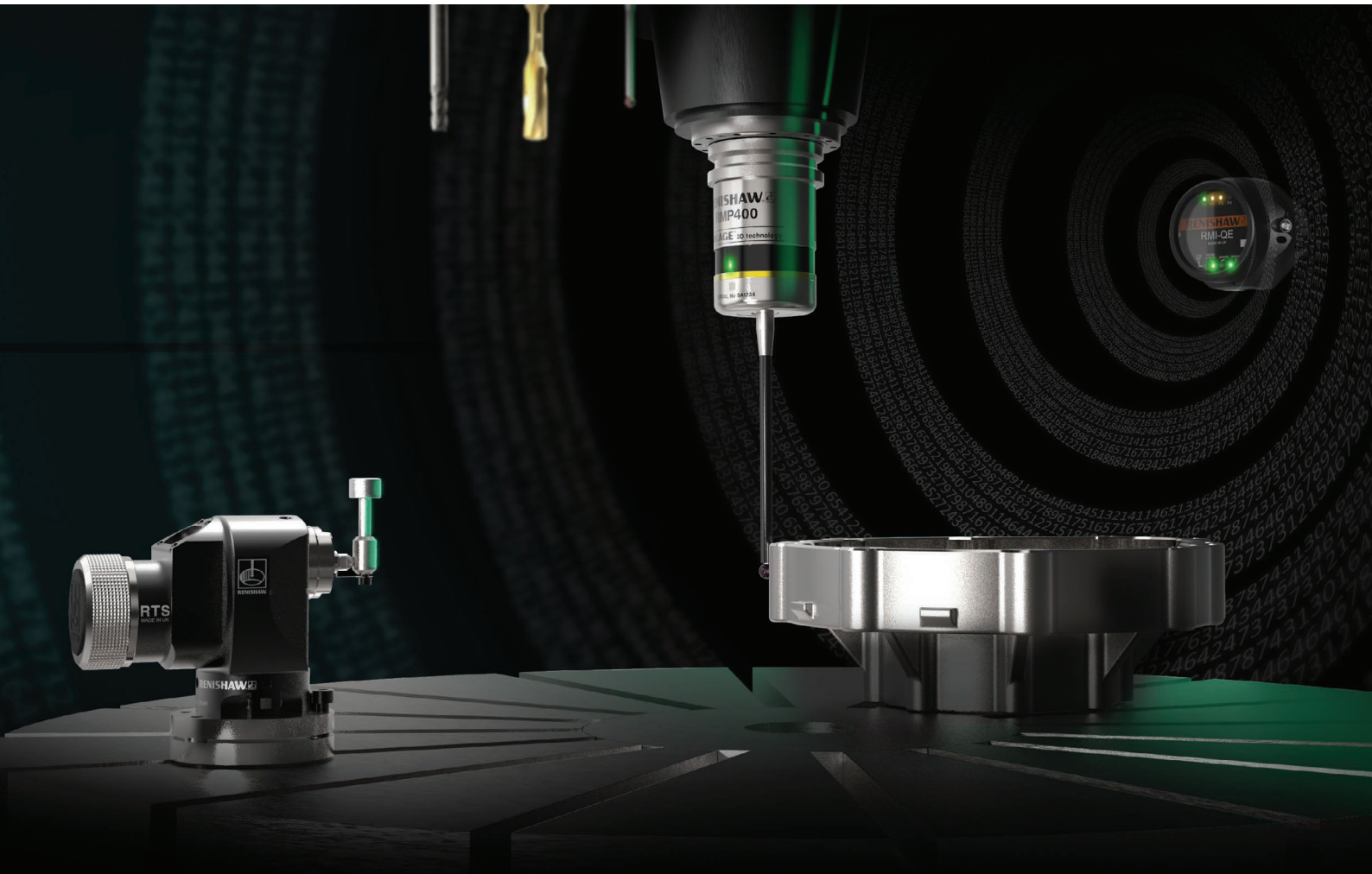




Renishaw FHSS 무선 전송

모든 공작 기계에서 강력하고 유연한 검사 기능을 지원하는 혁신적인 주파수 호핑 무선 전송 프로브.

개요

측정 프로브는 공작물 좌표 세팅, 소재 측정과 소재의 주요 치수의 공정 내 제어를 통해 제조 공정 효율성에 중요한 영향을 미치고 있습니다. 모든 스피들 및 터렛 장착 프로브에는 신호 전송 수단이 필요하며 대형 기계와 5축 머시닝 센터에서 가장 일반적인 방식은 무선 전송입니다. 그러나 공장에서 무선 전송을 성공적으로 적용하는 데는 현지 규정, 다른 무선 제어 장비의 간섭원 등 많은 과제가 따릅니다. 2003년, Renishaw는 대형 기계 프로빙을 위한 강력한 소형 범용 솔루션인 검사 프로브용 주파수 호핑 확산 스펙트럼(FHSS) 무선 전송 기술을 세계 최초로 선보였습니다. 이 기술은 지속적인 개선을 통해 현재 'QE' 무선 시스템(RMP 및 RMI-QE)에 탑재되어 있습니다.

프로브 전송 기본 사항

CNC 공작 기계의 세팅 과정에서 부품의 위치와 방향을 결정하고 검증 및 공정 제어를 위한 중요 부품의 크기와 위치를 검사하기 위해 검사 프로브를 사용합니다. 검사 프로브는 구성품 표면에서 일련의 개별 지점을 감지합니다. 프로브의 스타일러스가 부품의 표면과 접촉하면 트리거 신호가 생성됩니다. 이 신호는 해당 시점의 기계 위치를 기록할 수 있도록 CNC로 전달되어야 합니다.

프로브는 사용 중 기계 스피들에 장착되므로 트리거 신호는 원격 전송 시스템을 통해 CNC로 전송되어야 합니다. 주요 전송 기술은 유도, 광학(적외선), 무선 등 세 가지 방식이 있습니다. 각각의 경우, 프로브에 장착된 송신기가 프로브 상태 관련 신호를 기계 제어 전장 패널에 유선 연결된 수신기로 전달합니다.

유도 전송은 거리가 매우 짧은 반면(수신기가 스피들 노즈에 장착됨) 광출력 및 저출력 무선 전송은 몇 미터까지 가능합니다. 광 전송은 송신기와 수신기 사이의 가시선에 의존하는 동시에 기계 내부 반사를 활용할 수도 있습니다. 무선 전송은 반사와 기계 내부 물체 주변의 회절에도 이점이 있어 프로브가 소재 내부로 들어가야 하는 대형 장비나 시야가 보장되지 않는 5축 장비에 적합합니다.

트리거 지점은 정확한 구성품 측정의 기초가 되기 때문에 반복성이 있어야 합니다. 따라서 모든 프로브 전송 시스템의 한 가지 주요 설계 요인은 CNC로 트리거 신호를 전달할 때 시간 지연이 짧고 반복성이 높아야 합니다. 표면 접촉 순간의 타이밍이 불확실하면 표면 위치까지 불확실해집니다. (여기서 CNC 내 트리거 래칭 회로의 속도와 반복성 또한 한 요인입니다.) 전송이 지연되면 프로브 또는 구성품 손상의 위험이 증가합니다.

프로브 전송 설계의 다른 중요 요인은 전달되는 신호의 강건성과 신뢰성입니다. CNC로 유효 트리거가 빠르게 전달되어야 기계 작동이 중지될 수 있으며 나머지 관련 장치에 대한 문제를 야기하지 않으면서 공장 내 다른 장치로부터의 간섭을 제거 및 해결해야 합니다.

무선 전송은 다음과 같은 기능을 수행해야 합니다.

- 프로브 상태(장착/트리거 프로브 및 배터리 상태)의 정기 전송으로 스타일러스가 구성품 표면에 닿았는지 여부 또는 전송이 차단되었는지 여부를 CNC가 지속적으로 파악하여 안전하게 중지할 수 있습니다.
- 스타일러스가 부품과 접촉한 후 수신기에서 트리거 신호를 생성하기까지 지연 시간이 짧고 고정적이어야 합니다.
- 기계적 수단(생크의 스위치 또는 프로브의 원심 스위치 사용)의 전환 대신, 무선 전송을 통해 프로브 제어 신호를 전송 및 수신(CNC에서 프로브로)하여 프로브를 켜고 끌 수 있어야 합니다.



그림 1: Renishaw RMP60-QE

무선 전송 성능과 신뢰성에 영향을 미치는 요인

1. 확산 스펙트럼 또는 고정 주파수 - 선택한 주파수 범위에 존재할 가능성이 높은 다른 장치는 무엇인가? 이러한 장치의 공존을 위해 어떤 조치를 취해야 하는가?
2. 신호 간섭 내성 - 간섭이 발생하는 위치는 어디인가? 지속적이고 안정적인 프로브 작동을 위한 방법은 무엇인가?
3. 트리거 신호 반복성 - 신호 간섭 발생 시 CNC로 전송되는 신호의 반복성은 어느 정도인가?
4. ‘데드 스팟’ 방지 - 일부 위치에서 기계 내 반사로 인해 상쇄적인 신호 간섭이 발생하는 상황에서 프로브 작동을 유지할 수 있는 방법은 무엇인가?
5. 규제 준수 - 지역 무선 규정을 위반하지 않고 전 세계 어디서나 같은 프로브를 사용할 수 있는가?
6. 전력 관리 및 전환 방법 - 배터리 수명을 극대화하는 방법은 무엇인가? 프로브를 켜고 끄는 방법은 무엇인가?
7. 설치 용이성 - 센서와 수신기 설계가 프로브 시스템을 일반 기계에 장착하는 데 필요한 시간과 노력에 어떤 영향을 미치는가?

고정 주파수 무선 전송 기술

‘레거시’ 무선 전송 프로브(Renishaw의 MP16 및 MP18 모델 포함)는 고정 채널 전송을 사용합니다. 무선 스펙트럼의 승인된 저출력 영역(예: 유럽의 433 MHz 대역)에서는 일련의 개별 채널을 사용할 수 있습니다. 프로브와 수신기는 설치 과정에서 특정 채널로 설정되며 다른 채널을 수동으로 재선택하지 않는 한 이후 고정 상태를 유지합니다. 예를 들어 433 MHz 대역 내에서는 Renishaw가 해당 채널을 69개 사용했으며 각 채널의 대역폭은 20 kHz였습니다. 이 경우 인접 기계의 프로브와 수신기 사이에 ‘교차 통신’ 위험 없이 단일 공장에서 여러 프로브를 사용할 수 있습니다.

이러한 기술은 일반적으로 그 신뢰성이 입증되었으며 주된 제약 요소는 대역 내 사용 가능한 채널 수입니다. 그러나 그러한 장치는 동일한 주파수에서 전송될 수 있는 공장 내 다른 장치로부터의 국지적 간섭에 민감하며 현재는 확산 스펙트럼 장치로 대체되었습니다.

그림 2는 전송 성능이 더 우수한 다른 장치가 프로브 전송 채널의 일부를 차단하는 경우를 나타냅니다. 이 경우 프로브 수신기에서 신호가 손상됩니다. 여기서 유일한 해결 방법은 스펙트럼 간섭이 없는 부분을 찾을 때까지 프로브 채널을 변경하거나 다른 장치의 전송 대역을 변경(가능한 경우)하는 것입니다.

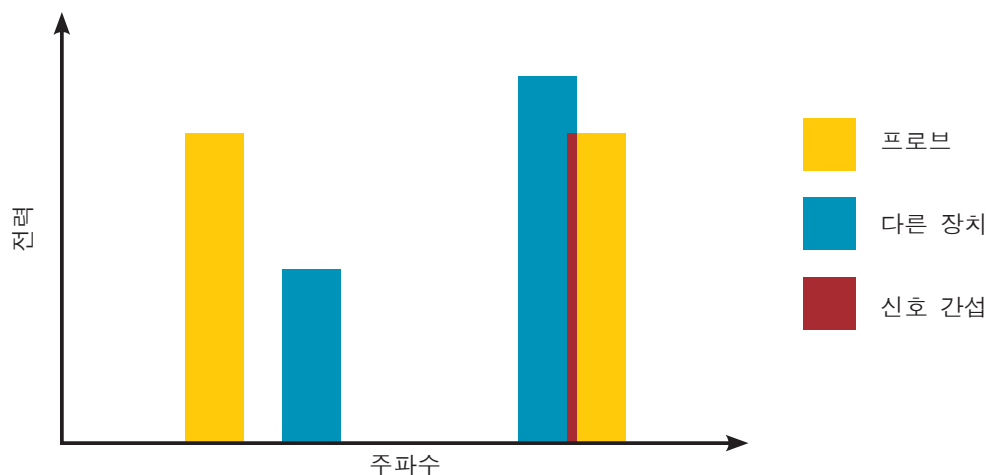


그림 2: 고정 채널의 다른 장치와 프로브가 겹쳐져서는 안 됨

확산 스펙트럼 무선 기술

확산 스펙트럼 전송은 보다 넓은 주파수 범위에 신호를 분산시켜 단일 채널 전송보다 강건성이 더 우수합니다. 주요 확산 스펙트럼 기술은 다음과 같습니다.

1. 직접 시퀀스 확산 스펙트럼(DSSS) - 신호가 넓은 주파수 범위에 걸쳐 동시에 저출력으로 전송됩니다(WiFi 무선 네트워크에서 사용).
2. 주파수 호핑 확산 스펙트럼(FHSS) - 신호가 송신기와 수신기에 모두 알려진 일련의 코딩된 다른 주파수에서 상대적으로 높은 출력으로 전송됩니다('Bluetooth' 장치와 Renishaw의 'QE' 무선 프로브 시스템에서 사용됨).
3. 칩 확산 스펙트럼(CSS) - 광대역 선형 주파수 변조 신호(칩)를 사용하는 확산 스펙트럼 기술입니다. 장거리 데이터 전송 용도(예: LoRaWAN)와 양방향 거리 측정 또는 거리 모니터링이 필요한 경우 주로 사용됩니다.
4. 초광대역(UWB) - 단거리 고대역폭 통신을 위해 광대역(>500MHz)에서 나노초 펄스 브로드캐스트를 사용하는 기술로, 정밀 거리 측정 기능이 추가되어 있습니다. 이 기술은 휴대 전화 기기에서 사용이 증가하고 있으며 주로 '태그' 추적 용도로 사용됩니다.

주파수 호핑 - 업계의 선택

Renishaw의 최신 공작 기계 프로빙 시스템(QE)은 2.402와 2.481 GHz 사이의 ISM 대역에서 작동하는 하이브리드 FHSS 변조를 사용하며 각각 2 MHz 대역폭을 지원하는 39개 채널을 제공합니다. 이 시스템은 두 개 이상의 파트로 구성됩니다. 그 중 하나는 기계 스피들 또는 기계 베드에 장착되는 계측 프로브(예: RMP60)이고 또 하나는 CNC에 연결되어 정적 기계 구조에 장착되는 RMI-QE 인터페이스입니다.

FHSS 전송에는 한 채널에서 다른 채널로 '호핑'하는 전송기와 수신기가 모두 관여하며 시간 경과에 따라 대역 내 사용 가능한 모든 채널을 사용합니다. 따라서 다른 확산 스펙트럼 시스템뿐만 아니라 해당 주파수 대역에서 함께 작동하는 전자 레인지와 같은 다른 장치와 공존할 수 있습니다. 주파수 호핑 시스템은 전송 충돌(다른 장치로부터의)에 대한 내성을 갖고 다른 주파수/채널에서 간단하게 재전송하면서 동시에 타이밍과 계측 기능을 유지할 수 있도록 설계됩니다. FHSS는 대부분의 다른 유형의 확산 스펙트럼 방법보다 더 많은 수의 '고출력' 공동 배치 시스템이 동일한 인접 영역에서 작동할 수 있도록 허용합니다. 따라서 대규모 제조 현장에 적합합니다.



그림 3: Renishaw RMI-QE 수신기 / 인터페이스

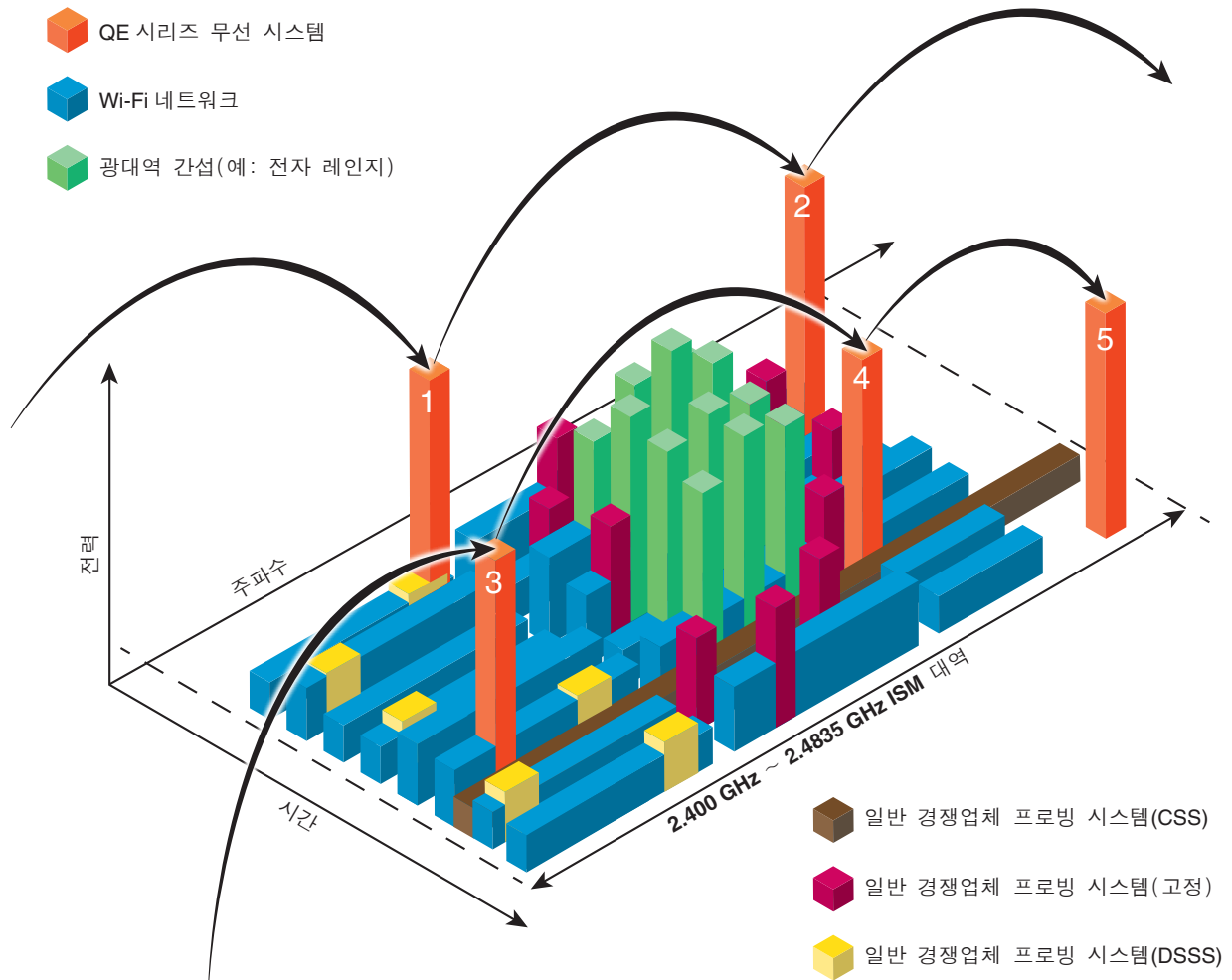


그림 4: 다른 무선 트래픽과 공존하는 FHSS 프로브 전송

그림 4는 2.4 GHz 대역 내 일련의 주파수 사이에서 나타나는 FHSS 프로브 전송 호핑을 보여줍니다.

1. 첫 번째 주파수에서는 스펙트럼 간섭이 없고 프로브에서 수신기로의 전송이 성공합니다.
2. 첫 번째 호핑 후 주파수가 송신 성능이 더 우수한 다른 장치가 점유하고 있는 주파수 범위 내에 있는 채널로 전환됩니다. 이 경우 프로브 전송이 압도되어 진행되지 않습니다.
3. 주파수가 DSSS 장치와 겹쳐지는 지점으로 전환되어 넓은 주파수 범위 내 낮은 출력으로 전송됩니다. 프로브 전송 성능은 통과하기에 충분하지만 DSSS 장치의 대역폭 역시 메시지를 전송하기에 충분합니다.
4. 간섭 없는 주파수 - 전송 성공.
5. 프로브가 시간 경과에 따라 사용 가능한 모든 채널을 방문하게 될 다수의 가능한 호핑 시퀀스 중 하나를 계속 사용합니다.

신호 간섭 내성

FHSS 시스템은 다른 확산 스펙트럼 및 고정 주파수 장치를 포함하는 노이즈 환경에서도 작동할 수 있습니다. Renishaw 통신 프로토콜은 RMI-QE가 인접 기계가 아닌 올바른 프로브로부터 정보를 수신할 수 있는 고유한 프로브 ID를 갖습니다. 인증, 데이터 무결성 평가, 간섭 감지와 같은 추가적인 보안 기능도 있습니다. 모든 시스템은 고유한 호핑 패턴으로 작동하여 인접 기계상의 다른 Renishaw 시스템과 공존할 수 있습니다. 맞춤형 프로토콜은 통신이 연결되지 않을 때 일련의 재전송을 통해 간섭에 저항하며 동시에 전체 시스템 지연 및 계측 성능을 유지하도록 설계되었습니다. RMI-QE가 일련의 '재시도' 후 RMP에서 유효한 신호를 수신하지 않으면 기계를 안전하게 정지시키기 위해 오류 출력을 시작합니다.

무선 프로브 전송을 방해하려면 다른 신호가 동시에 같은 채널과 충돌해야 하며 무선 프로브 신호를 압도해야 합니다. 2.4 GHz 대역은 저출력 전송용으로 예약되며 이는 어떤 시점에도 RMI-QE의 범위 내에 몇 개의 장치가 존재할 수 있음을 의미합니다. 간섭 신호가 잠재적으로 통신의 데이터 패킷을 손상시킬 수 있습니다. 다른 장치가 하나의 전송을 차단하는 경우 해당 장치는 프로브와 동일한 시간 간격과 동일한 채널 시퀀스로 호핑하여 통신을 지속적으로 차단해야 합니다. 이러한 상황이 발생할 가능성은 매우 적습니다.

트리거 신호 반복성

프로브 트리거가 발생하는 경우 CNC로 반복적으로 전송되어야 합니다. 전송 프로세스에는 신호 간섭 발생 시 '재시도'를 허용하기 위한 짧은 지연이 포함되며 이 지연 시간은 매우 반복적입니다. 스타일러스가 표면에 닿고 프로브가 트리거되면 $CNC\ 5\ ms \pm 1\ \mu s$ 로 트리거 신호가 발행됩니다. 지연 시간은 일정하기 때문에 프로브 교정을 통해 해결됩니다.

전송 '데드 스팟' 방지

무선 전송은 프로브와 RMI-QE 장치 사이에 직접 전달될 뿐만 아니라 기계 내 반사를 통해서도 전달됩니다(그림 5 참조). 단일 파장 무선 전송은 널 또는 '데드 스팟' 문제가 발생할 수 있습니다. 이 경우 직접 경로와 간접 경로 사이에 상쇄 간섭이 발생합니다. (상쇄 간섭은 간접파가 직접파와 진폭이 같고 위상차가 180도일 때 발생합니다.) 간섭이 크면 수신 장치에서 나타나는 진폭이 감도 임계값보다 낮아질 수 있습니다.

이러한 문제가 존재하는 경우 고정 파장 시스템의 채널을 변경하면 일반적으로 간섭 위치가 기계의 다른 부분으로만 이동하는 결과가 나타납니다. 많은 고정 파장 시스템이 서로 90도 방향을 이루는 두 개의 수신기를 사용하여 수신기에서 간섭 현상 가능성이 감소합니다.

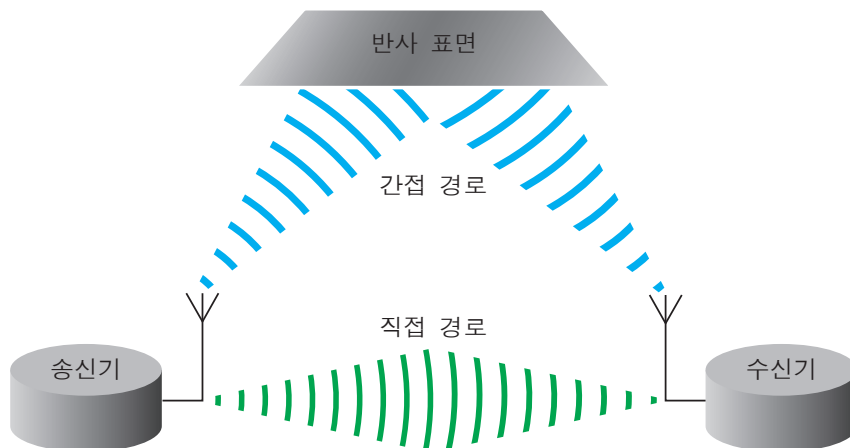


그림 5: 공작 기계 내부 표면에서 전파가 반사되어 수신기로의 직접 경로에서 이동하는 파형을 간섭할 수 있습니다. 주파수 호핑으로 채널을 정기적으로 전환하여 '데드 스팟'을 방지할 수 있습니다.

주파수 호핑 시스템이 채널을 정기적으로 변경하여 '데드 스팟'을 방지합니다. 2.4 GHz 주파수 대역은 0.121 m(채널 38) ~ 0.124 m(채널 00) 범위의 파장을 제공합니다. 일반적으로 반사 경로가 직접 경로보다 훨씬 더 길니다(최소 2.5 파장 더 길). 이 경우 채널 38에 완전한 간섭이 존재하면 채널 00의 감도가 6 dB에 불과하므로 어느 한 파장에 간섭이 존재하더라도 전송을 성공적으로 수행할 수 있습니다. 하나의 수신기만으로도 강력한 성능을 확보할 수 있습니다.

물론 실제로는 경로 길이가 다른 많은 반사 신호가 존재하므로 연속 채널 주파수에서 널이 밀접한 위치에 있을 가능성은 매우 낮습니다. 또한 반사된 경로의 진폭이 감소하므로 어느 한 파장에서 전체 상쇄 간섭이 발생할 가능성이 낮아집니다.

규제 준수

확산 스펙트럼 시스템은 동일한 스펙트럼 범위 내에서 안정적인 통신으로 공존할 수 있다는 점에서 대부분의 시장에서 무선 규제를 받지 않습니다. 2.4 GHz 대역은 거의 전 세계적인 범용 승인을 받았으며 많은 확산 스펙트럼과 이 스펙트럼을 활용하는 저출력 광대역 장치가 현재 시장에 나와 있습니다. 따라서 모든 주요 산업 국가에서 무선 전송 단일 설계를 사용할 수 있어 많은 다양한 시장에 시스템을 공급하는 기계 제조업체의 규제 관련 우려를 쉽게 해소할 수 있습니다. 그에 반해 고정 주파수 시스템은 현지 법규 준수를 위해 미국, 유럽 및 아시아 시장에서 다른 주파수 대역을 사용합니다.

전력 관리 및 전원 켜기 방법

프로브는 배터리로 전원을 공급하므로 전력 소비를 줄여야 합니다. 프로브는 작동 중 트리거를 감지할 때를 제외하고 주기적으로 신호를 전송하는 방식으로 배터리 소모를 최소화합니다. 주기적인 통신 과정에서 프로브 장치는 프로브 인터페이스와 마이크로프로세서를 실행할 정도의 최소 전력만 소비합니다. 그러나 배터리가 무선 모뎀과 제어 전자 장치에 전력을 공급해야 하기 때문에 전송 중 전력 소모가 증가합니다. 방출 무선 전력(ERP)은 일반 전송 시 2.5 mW로 제한되므로 최대 15 m의 범위에 걸쳐 강력한 통신을 보장하기 위해 보다 우수한 전송 성능에 의존하지 않고 채널 호핑을 사용합니다.

QE 프로브는 무선 시작 신호, 원심 스위치 또는 생크 스위치(RMP60 및 RMP600)를 사용하여 활성화할 수 있습니다. 무선 켜기 모드에서는 시스템의 고유 ID를 사용하여 RMI-QE의 신호로 프로브가 활성화됩니다. 이 방법은 인접 프로브 시스템과 주변의 다른 무선 장치에 영향을 미칠 수 있는 고출력 시작 신호를 사용하지 않는 이점이 있습니다.

설치 용이

특히 대형 기계의 경우 광 전송과 비교되는 무선 시스템의 주요 이점은 프로브 시스템을 설치하는 데 시간과 노력을 최소화할 수 있다는 것입니다. 무선 시스템은 인터페이스의 위치와 방향에 있어 유연성이 더 크며 케이블 보호재의 필요성을 단순화하거나 제거함으로써 더 빠른 설치가 가능합니다. 단일 인터페이스/안테나와 신뢰할 수 있는 작동은 FHSS 시스템의 또 다른 이점입니다.

QE 프로브는 다양한 크기가 제공되므로(각각 31mm, 50mm, 76mm 길이와 24mm, 40mm, 63mm 직경) 대형 기계 및 소형 멀티-스핀들 또는 5축 기계에 적합합니다. 검사 프로브는 기계에서 길이가 가장 짧은 공구만큼 짧으면 해당 공구로 생성된 표면을 기계의 Z 이동 거리 상한에 가깝게 프로빙할 수 있습니다.

결론

Renishaw의 혁신적인 확산 스펙트럼 무선 전송 기술을 공장 기계 프로브에 적용함으로써 신뢰할 수 있는 전송 기능을 지속적으로 제공하는 것은 물론 노이즈가 점점 더 심해지는 산업 공장 환경에서 다른 무선 장치와 공존할 수 있습니다. 전 세계적으로 변화하는 무선 규제를 준수하고 제조 산업 전체에서 무선 전송 프로브의 성능과 신뢰성의 기준이 되는 범용 솔루션입니다.

www.renishaw.com/machinetool

#renishaw



+82 31 346 2830



korea@renishaw.com

© 2025 Renishaw plc. All rights reserved. RENISHAW®와 프로브 기호는 Renishaw plc의 등록 상표입니다. Renishaw 제품 명칭, 명명법, 'apply innovation' 마크는 Renishaw plc 또는 그 자회사의 상표입니다. 다른 브랜드, 제품 또는 회사 이름은 해당 소유주의 상표입니다. Renishaw plc. 영국과 웨일즈에 등록됨. 기업 번호: 1106260. 등록된 사무소: New Mills, Wotton-under-Edge, Glos, GL12 8JR, UK.

본 문서의 공개 당시 문서의 정확성을 확인하기 위해 최선의 노력을 기울였지만, 발생하는 모든 보증, 조건, 진술 및 책임은 법률이 허용하는 한도에서 제외됩니다.

품목 번호 H-5650-2082-02-A