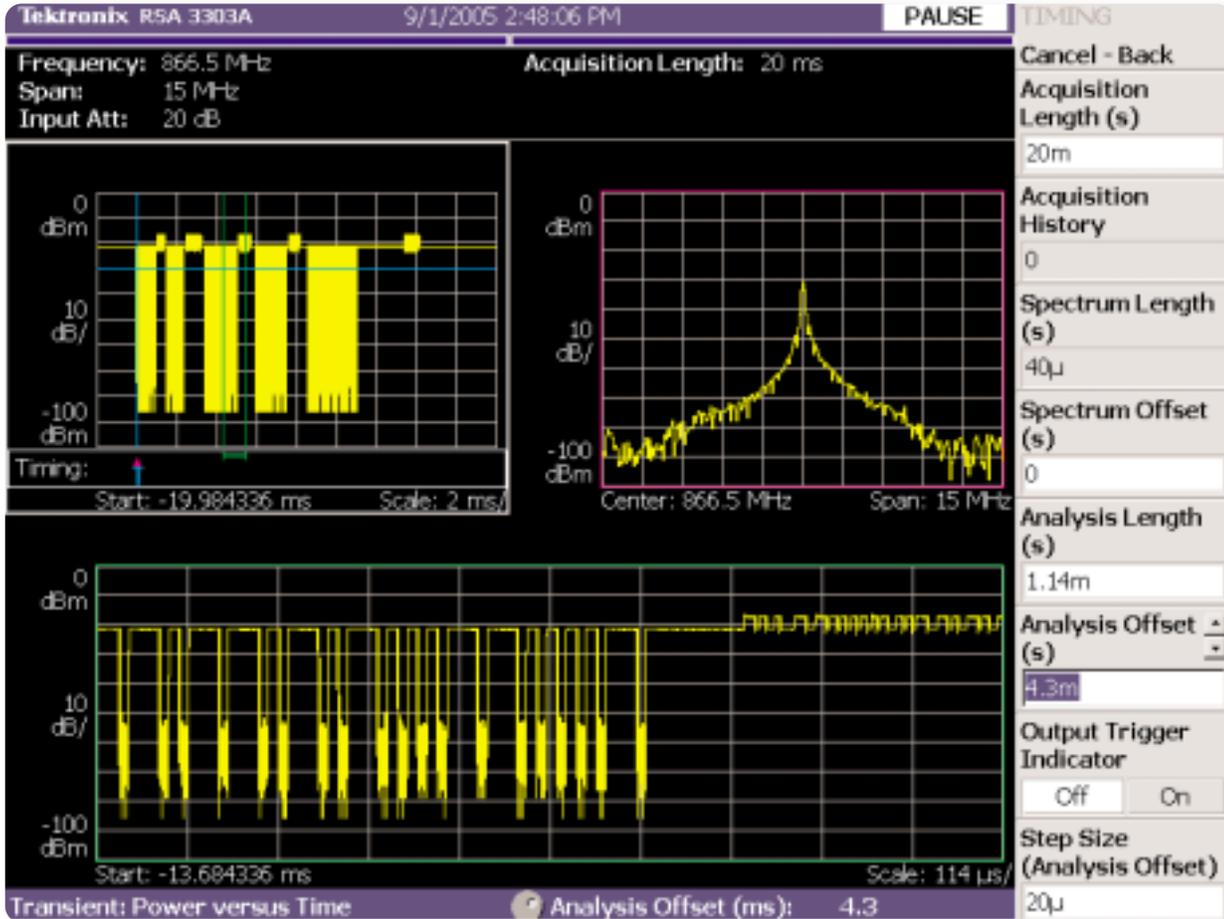


# 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정



## 소개

장비 가격 하락 및 글로벌 시장 확장과 함께 RFID 애플리케이션이 급 성장하고 있습니다. 더욱이 유사한 기술을 이용한 수많은 단거리 NFC(Near Field Communications)도 급성장을 맞이하고 있습니다. RFID와 NFC 기술은 다양하고 특이한 엔지니어링 측정 과제를 안고 있습니다. 과도 신호, 대역폭을 비효율적으로 이용하는 변조, 후방 산란(Backscattering) 및 수동 태그 모두 전통적인 테스트 측정기에서는 흔히 볼 수 없는 특수한 측정 기능이 요구되는 것입니다.

RTSA(실시간 스펙트럼 분석기)는 독보적인 실시간 기능 외에도 RFID 전용 측정 패키지를 제공하는 최초의 분석기입니다. 이 조합은 RFID 및 NFC 장치 특성화에 탁월한 솔루션을 제공합니다. RTSA는 개발 문제를 재빨리 진단하고 사전 적합성 테스트 성능을 정렬하고 태그와 인터레이터의 효율적인 생산을 지원할 수 있습니다. 이 응용 자료에서는 RFID 측정에 따르는 해결 과제와 RTSA의 진단 정보 능력에 대해 검토합니다.

## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

### ▶ 응용 자료



▶그림 1. RFID 기술과 데이터 링크는 놀랍도록 다양한 분야에 응용됩니다. 전 세계 곳곳의 자산과 재고를 추적하기 위해 단거리 POS (Point-of-Sale) 애플리케이션용 시스템이 개발되었습니다.

RFID 기술은 20여년간 상업적으로 이용되어 왔으며 그 기원은 1940년대의 군사용 IFF(Identification Friend or Foe) 시스템으로까지 거슬러 올라갑니다. 마이크로 이하 단위의 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductors) 분야에서 이루어진 최근의 진보로 RFID 기술을 유틸리티 환경에서 어디에서나 이용할 수 있게 되었습니다. 정확한 공급망 관리, 즉각적인 체크아웃 트랜잭션 그리고 사후 판매 마케팅 인텔리전스의 매력이 이 기술의 급속한 배치에 원동력이 되고 있습니다.

RFID 기술의 개요를 살펴보는 것으로 논의를 시작하겠습니다. RFID 기술을 검토한 후 RFID 데이터 링크가 다른 통신 시스템과 구별되는 특정 신호의 특성과 설계 과제를 살펴봅니다. 그 다음은 최초의 종합적인 RFID 테스트 측정 장비로서의 실시간 스펙트럼 분석기가 지닌 독창적인 기능을 중점적으로 검토하겠습니다. 이는 결국 실시간 스펙트럼 분석 기술을 적용함으로써 필수적인 RFID 측정을 수행하는 구체적인 방법에 대한 논의로 이어집니다. 외부 실험실에서 테스트 인증을 하기 전 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)를 이용해 사전 적합성을 적절히 검증하기 위한 몇 가지 도움말도 곁들이도록 하겠습니다. 그런 다음 간략하게 논의된 내용을 요약하고 결론을 내리기로 합니다.

RFID와 NFC 시스템의 종류는 다양합니다. 본 응용 자료에서는 일관되

게 RFID EPC(Electronic Product Code) 형식에 특별히 중점을 둡니다. 국제표준화기구(ISO)에서 ISO 18000-6 Type C로 채택 여부를 검토 중인 EPC Gen2 형식은 RFID 및 NFC 엔지니어들이 직면한 일반적인 측정 문제 중 상당수를 포괄합니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)가 다른 RFID와 NFC 애플리케이션을 많이 지원한다는 사실을 상기하십시오. ISO 18000-6 Type C의 주안점은 주로 간단하게 도해로 표현하는 것을 목적으로 합니다.

### RFID 기술 개요

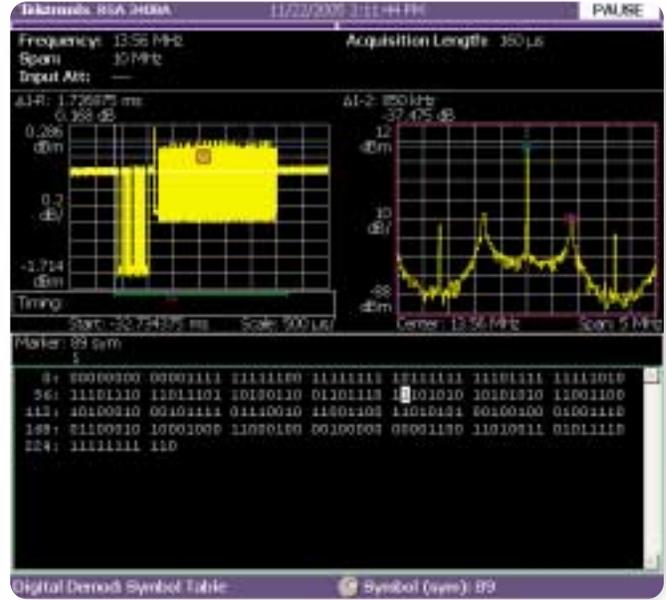
광의적으로 RFID 기술에는 물체를 식별하는 데 사용되는 다양한 시스템이 포함됩니다. 전자 통행료 징수, 개 식별 정보 이식, 제품 도난 방지용 태그가 모두 RFID 시스템의 형태로 되어 있습니다. RFID와 NFC 산업은 놀랍도록 다양한 RF 데이터 링크와 통신 기술을 포괄합니다. RFID 애플리케이션은 RF 신호로만 전력이 공급되어 켜지는 수동 태그를 판독하는 몇 센티미터 길이의 데이터 링크로부터 길이가 수 미터나 되는 배터리 구동 방식의 태그까지 다양합니다. 휴대폰, GPS 및 위성 통신을 이용하여 전 세계를 대상으로 고가의 자산을 추적하는 RFID 시스템까지도 있습니다. RFID 시스템에 사용되는 기술은 정말 매우 다양합니다.

이런 수많은 새로운 자산 관리 시스템에 적용된 통신 기술이 업계의 재고 관리 세그먼트 외부에서 새로운 RFID에 대한 기회의 장을 활짝 열었습니다. 사실, RFID 태그에 사용되는 단거리 데이터 링크 기술은 타이어 압력 측정 장치 및 기타 유사한 데이터 링크와 같은 NFC 시스템에도 응용되어 왔습니다. NFC 애플리케이션도 급성장하고 있으며 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 유연한 RFID 측정 기능을 이용할 수도 있습니다.

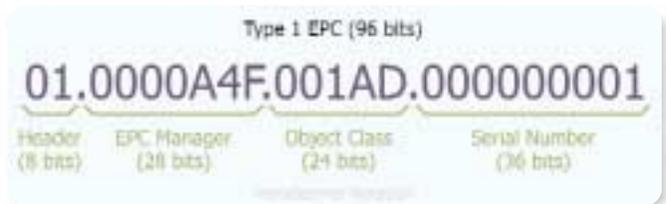
RFID 및 NFC 산업의 상당 부분은 출시까지의 과정에서 제품 식별에 초점을 맞추지 않은 애플리케이션에 대한 고유의 신호 형식을 바탕으로 하고 있습니다. 예를 들어 인증된 관계자만 출입하는 문을 여는 데 사용되는 근접식 카드는 고유의 테스트 요구 사항을 가진 잘 발달된 RFID 애플리케이션입니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 측정 유연성, 광범위한 복조 및 디코딩 능력은 ISO 14443 근접식 카드와 같은 애플리케이션에도 쉽게 적용됩니다.

세계적 규모로 운영되는 RFID 시스템도 널리 보급된 위성 신호 구조의 셀룰러 측정 및 복조를 광범위하고 유연하게 지원하는 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 이점을 활용할 수 있습니다.

똑같이 중요한 점으로, 마이크론 이하 단위의 수동 CMOS 태그 비용도 기록적인 수준으로 떨어지고 있다는 점입니다. 수동 태그의 비용이 떨어짐에 따라 재고 관리 애플리케이션이 빠르게 늘어 납니다. 일부 평가에 따르면 수동 태그 가격이 계속 하락함에 따라 사실상 모든 판매 제품에 RFID 태그가 내장될 것이라고 합니다. 업계에 종사하는 사람들 중 일부는 EPC가 오늘날 판매되는 대부분의 제품의 바코드에 찍히는 친한 GTIN(General Trade Identification Number)인 UPC(Universal Product Code)를 잇는 다음 세대가 될 것으로 믿고 있습니다.



▶ 그림 2. 13.56MHz 근접식 카드 교환은 전력 대 시간, 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 스펙트럼 및 데이터 심벌 영역에서 검사됩니다.



▶ 그림 3. 96비트 EPC 번호는 UPC 바코드보다 더 많은 정보를 담고 있습니다. 헤더는 EPC 번호의 형식을 나타내고 관리자는 회사를 나타내며 객체 클래스는 바코드의 SKU(Stock Keeping Unit)와 비슷한 것이고 일련 번호는 각 객체 클래스에 대해 680억 개 이상의 고유 품목을 나타냅니다.

EPC에는 실제로 UPC보다 더 많은 정보가 들어갑니다. 특히, EPC에는 제품 일련 번호 정보가 있으며 바코드와는 달리 EPC를 수정할 수 있습니다.

EPC의 표준 형식이 새로 부각됨에 따라 비용과 가치가 바코드와 경쟁하기 시작합니다. EPC RFID 태그는 지금까지의 디자인 생산량 기록 중에서 빠른 속도로 가장 많이 생산되는 것 중의 하나가 되어가고 있습니다.

## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

### ▶ 응용 자료

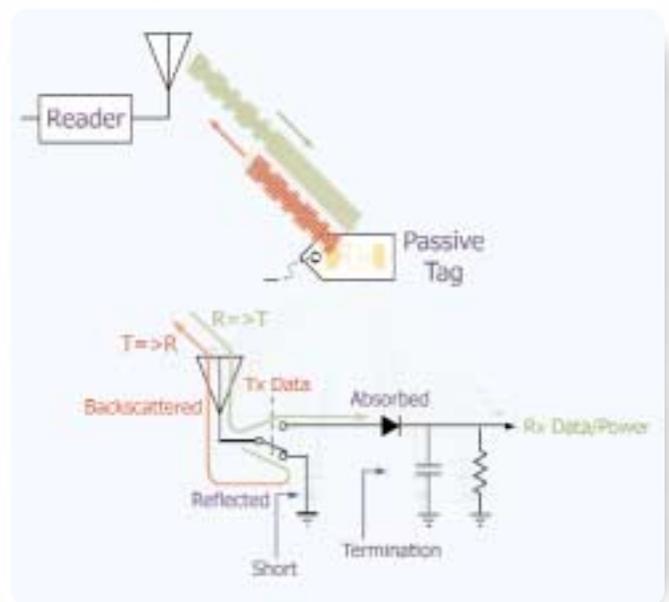
사실상 모든 판매 제품에 EPC RFID 태그가 부착될 것이기 때문입니다. 태그 애플리케이션이 급속히 확장됨에 따라 UPC 애플리케이션의 큰 부분을 대체하거나 증대하는 EPC의 가능성은 점점 더 커질 것으로 보이며, 특히 여러 주요 소매업체가 이미 초기부터 이 애플리케이션을 채택했습니다.

EPC RFID 태그가 가진 장점은 단순히 소비자의 편의를 위해 계산대에서 빠르게 구입 물품을 확인하는 것에 그치지 않습니다. 능동 태그는 자동으로 주기적으로 동작하여 시장에 내놓을 식료품의 온도를 측정할 수 있으며, 이는 식품 안전성을 보장하는 '콜드 체인(cold chain)'이라는 경로를 통해 이루어집니다. 육류 및 유제품의 경우 개별 가족의 이력에서부터 소비자의 구매에 이르기까지 모두 추적할 수 있습니다. 다른 제품을 투시해 대상 품목의 정보를 읽는 것이 가능한 X선 태그는 매우 빠른 계산을 가능하게 합니다. 어떤 품목에 대해 제대로 지불하지 않은 채 매장 밖으로 가져나가려고 하면 이를 감지하여 필요한 보안 알람을 작동시킬 수 있습니다.

EPC의 일련 번호를 통해 소매업자는 고유의 독특한 품목을 추적 및 판매할 수 있으며 이는 바코드는 지원하지 않는 기능입니다. 재고 관리 작업 역시 단 몇 분만에 매장 전체에 있는 선반의 내용물을 검사하며 이동할 수 있는 모바일 태그 리더 덕분에 대폭 간소화됩니다. 마지막으로 제품 내부에 태그가 내장되므로 정보를 인터셉트하기 위해 인터로게이터를 사용하는 사람이면 누구든 풍부한 마케팅 정보를 얻을 수 있습니다. 개인 소유물을 빠르게 식별함으로써 즉각적인 소비자 프로파일을 제공하여 판촉 활동을 최적화할 수 있습니다. 또한 보안을 위해 사람과 차량을 눈에 띄지 않게 검색할 수도 있습니다.

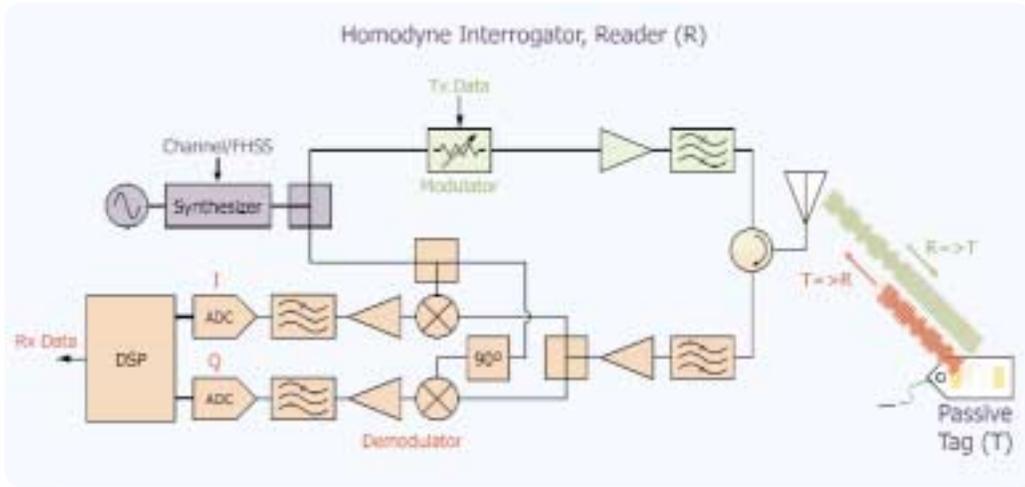
EPC Class	Definition	
Class 0	Read Only	Passive
Class 1	Write-Once	Passive
Class 2	Rewrite-able	Passive
Class 3	Rewrite-able	Semi-passive
Class 4	Rewrite-able	Active
Class 5	Readers	Active

▶ 표 1. EPC 클래스는 장치의 메모리 특성과 전송 능력을 바탕으로 결정됩니다.



▶ 그림 4. 수동 태그는 인터로게이터의 CW 반송파를 후방 산란하여 안테나의 흡수 특성을 변경함으로써 CW 반송파를 변조합니다. 수동 태그는 RF 에너지를 정류하여 태그를 작동시킬 수 있는 소량의 전력을 만들어내기도 합니다.

EPC RFID 태그의 다양한 애플리케이션이 속속 등장하면서 업계에서는 태그의 읽기/쓰기 기능과 수동 또는 능동 전원제에 따라 RFID 장치를 1에서 5까지 기본적인 유형으로 분류하게 되었습니다.



▶그림 5. 일반적인 호모다인(Homodyne) 인터로게이터 또는 태그 리더를 간략하게 나타낸 블록 다이어그램. 정밀 주파수 소스를 사용하여 송신된 반송파를 변조하고 태그로 보냅니다. 리더의 수신 측에서는 후방 산란 I 및 Q 신호의 기저 대역으로의 단일 주파수 하향 변환이 수신된 ID 데이터로 처리됩니다.

900MHz 및 2.45GHz 주파수 대역에 있는 수동 클래스 1 태그가 많은 고용량 애플리케이션에 있어 관심의 대상이 됩니다. 주파수가 높기 때문에 인터로게이터가 더 먼 거리에서 태그를 읽을 수 있습니다. 더 높은 주파수의 수동 태그 역시 더 작고 덜 복잡한 안테나로 작동하므로 소비자용으로 보다 적합합니다.

태그를 읽으려면 '리더'나 인터로게이터가 필요합니다. 구조적으로 보면, 수동 태그를 읽는 것은 전통적인 Duplex 데이터 링크와는 다소 다릅니다. 전통적인 능동 데이터 링크와는 달리, 수동 태그는 태그를 작동시키기 위해 받는 RF 에너지에 의존합니다. 수동 태그도 자체적인 송신 반송파 신호를 발생시키지 않습니다. 대신 수동 태그는 후방 산란(backscattering)이라고 하는 프로세스에서 인터로게이터가 태그로 보내는 에너지의 일부를 변조합니다.

안테나 로딩을 흡수성에서 반사성으로 변경함으로써 인터로게이터로부터의 CW(Continuous Wave) 신호를 변조할 수 있습니다. 이 프로세스는 거울로 햇빛을 반사하여 멀리 떨어진 사람에게 신호를 보내는 것과 매우 흡사합니다. 또한 태그에 정밀한 주파수 소스와 전력을 많이 소

모하는 송신기도 불필요합니다. 리더와 태그가 같은 주파수를 공유하므로 송신 정보를 교대해야 합니다. 따라서 후방 산란으로 인해 Half-Duplex 시스템에 대한 리더와 태그 사이의 통신이 제한됩니다.

수동 태그 리더는 일반적으로 호모다인(Homodyne) 또는 단일 주파수 변환 수신기로 구성됩니다. 인터로게이터에 있는 정밀 주파수 소스는 리더의 수신기를 위해 송신기 신호와 국부 발진기 신호를 모두 발생시킵니다.

태그(T)에서 리더(R)로의 업링크(T=>R로 표시)가 인터로게이터의 CW 신호로부터 변조되므로 주파수 호핑과 같은 확산 스펙트럼 기술을 이용할 수 있습니다. 인터로게이터의 신호에 대한 임의의 확산은 동일한 LO(Local Oscillator) 신호를 공유하므로 수신기의 호모다인(Homodyne) 하향 변환에서 자동으로 제거됩니다.

하향 변환 후 인터로게이터의 호모다인(Homodyne) 수신기는 동일 위상(I)과 쿼드러처 위상(Q) 신호를 분리했습니다. 그런 다음 하향 변환된 기저 대역 신호는 ADC(Analog to Digital Converter)로 디지털화되고 디지털 방식으로 처리되어 태그의 ID를 결정합니다.

## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

### ▶ 응용 자료

클래스 1 RFID 시스템의 고유한 호모다인(Homodyne) 아키텍처는 엔지니어에게 몇 가지 특별한 해결 과제를 안겨 줍니다. 후방 산란 변조는 후방 산란 중에 태그를 작동시키는 데 사용되는 리더의 송신기로부터 받은 CW신호보다 일반적으로 훨씬 더 약합니다. 리더 수신기의 기저 대역에서 CW가 누출되는 경우 이는 민감한 증폭기와 디지털이저를 포화시킬 수 있는 큰 DC 오프셋으로 해석됩니다.

수동 태그 RFID 시스템에서 만나게 되는 또 다른 문제는 수신된 RF 에너지에서 태그를 작동시키는 문제입니다. 마이크로 단위 이하의 CMOS는 작동시키는 데 거의 전력이 들지 않지만 몇 미터 되지 않는 거리에서는 이용할 수 있는 전력(-10 ~ -15dBm)이 거의 없습니다. 문제를 더욱 복잡하게 만드는 것은, 전 세계의 규제 기관들이 EIRP(Effective Isotropic Radiated Power)의 최고 한도에 대해 각기 다른 기준을 가지고 있다는 점입니다. 온보드 태그에서 더 높은 전압을 만들어내야 하므로 태그를 작동시키는 데 이용할 수 있는 에너지는 판독 거리뿐 만 아니라 태그의 플래시 메모리에 쓰는 데 걸리는 시간에도 영향을 미칩니다.

가장 최근의 표준에서는 이런 문제를 인식하고 전력이 모자라는 태그가 없도록 하기 위해 변조, 인코딩 및 프로토콜에서 갖가지 개선 방안이 제시되었습니다. 또한 데이터 전송률도 향상되었습니다. 예를 들어 ISO 18000-6 Type A 및 B는 160kb/s로 제한되는 반면 Type C는 640kb/s의 속도에 이를 수 있습니다.

RFID Standard		
Application	Standard	Name
Animals Management	ISO 11754	Code Structure
	ISO 11785	Technical Concept
	ISO 14223	Expand Code Structure & Encoding
Freight Containers	ISO 10374	Automatic Identification
	ISO 18185	Electronic Seals for Security
Item Management	ISO/IEC 18000-1	Reference Architecture
	ISO/IEC 18000-2	Air Interface Below 135 kHz
	ISO/IEC 18000-3	Air Interface at 135 kHz
	ISO/IEC 18000-4	Air Interface at 2.45 GHz
	ISO/IEC 18000-6	Air Interface at 950 MHz to 990 MHz
	ISO/IEC 18000-7	Air Interface at 433 MHz
	ISO/IEC 15961	Data Protocol: Application Interface
	ISO/IEC 15962	Data Protocol: Data Encoding Rules
	ISO/IEC 15963	Unique ID
	TR 18001	Application Requirements
TR 18046	Performance Test Method	
TR 18047	Conformance Test Method	
Identification	ISO/IEC 14443-1	Physical Characteristics
"Proximity" Card (0mm to 10cm)	ISO/IEC 14443-2	Radio Frequency & Power
	ISO/IEC 14443-3	Initialization & Anti-collision
	ISO/IEC 14443-4	Transmission Protocol
Identification "Vicinity" Card (10cm to 0.7 m)	ISO/IEC 15693-1	Physical Characteristics
	ISO/IEC 15693-2	Air Interface & Initialization
	ISO/IEC 15693-3	Anti-Collision & Protocol
Near Field Communication	ISO/IEC 18092	Near Field Communication Interface & Protocol

▶ 표 2. ISO/IEC에는 이와 같이 수많은 국제 RFID 표준이 존재하며 그 목적은 시스템과 공급업체 간 호환성을 보장하기 위한 것입니다.

다양한 애플리케이션에 이용할 수 있는 수많은 국제 RFID 표준들은 성과 시장 잠재력을 향상시키기 위해 때때로 개정 또는 보완됩니다. 시장이 성장함에 따라 사용 가능한 대역의 스펙트럼 밀집 역시 문제가 됩니다.

RFID 리더에 대한 규제 기관의 방사 요구 사항은 전 세계적으로 제각기 다릅니다. 어떤 나라에서는 RFID 애플리케이션에 수많은 채널을 사용할 수 있습니다. 북미에서는 902 ~ 928MHz의 주파수 범위에서 50개의 채널을 사용할 수 있으며 이는 FHSS(Frequency Hop Spread Spectrum) 기능을 채택하기 위한 Gen2 표준에 충분합니다. 하지만 유럽에서는 866-869MHz 대역에서 10개의 채널밖에 사용하지 못합니다. 일본의 경우에는 952-954MHz 대역에 주파수가 밀집되어 있어 수많은 일본 생산자들은 ISO 18000-4 표준에 적합한 2.4GHz를 대신 선택하고 있습니다.

수많은 국가에서는 수동 RFID 태그 고유의 데이터 링크 특성을 따라잡기 위해 규제 법률이 바뀌고 있습니다. 대부분의 주파수 대역 규제 기관에서는 단기 테스트용을 제외하고는 장치에서 CW 송신을 하는 것을 금하고 있습니다. 수동 태그에서는 CW 신호를 변조해야 합니다. 수동

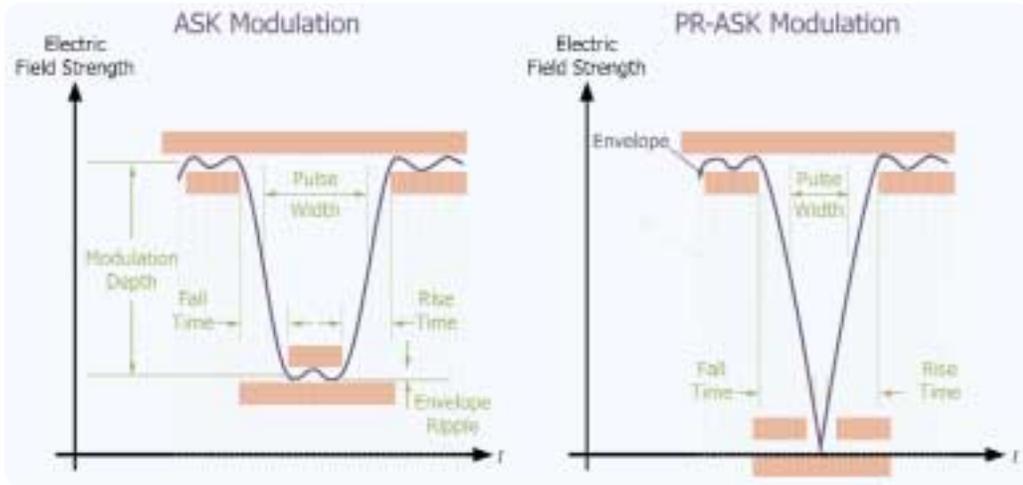
태그 내에 일반적인 송신기가 없더라도 여전히 후방 산란에서 변조된 신호를 생성합니다. 하지만 규제 법률에는 송신기가 없는 장치를 변조하는 데 대한 내용은 없습니다.

전 세계의 RFID 표준은 종종 "인터로게이터의 작동 주파수 선택은 지역의 무선 규제와 지역의 무선 주파수 환경에 따라 결정된다"라고만 규정함으로써 제조업체가 제품을 판매하려는 지역 현지의 방대한 방사 요구 사항을 준수하도록 맡겨두는 입장을 취합니다. 따라서 인터로게이터에 대한 RFID 표준에 명시적으로 포함되어 있지 않은 다양한 스펙트럼 방사 테스트가 요구 사항이 됩니다.

수동 RFID 태그의 광대역적 특성 역시 여러 장소에 리더가 조밀하게 분포되어 사용되는 환경에서는 몇 가지 해결 과제를 안겨 줍니다. 인터로게이터는 시스템의 작동 주파수를 설정하고 태그는 안테나가 수신할 수 있는 임의의 인터로게이터에 응답하는 광대역 장치이므로 인터로게이터가 여러 개인 경우에 태그가 특정 리더에 응답하는 능력은 제한됩니다. 수동 태그는 자신에게 신호를 보내는 모든 리더에 응답하려 합니다. 다중 리더의 동기화 기술을 사용하여 밀집된 다중 리더 설치 환경의 쓰루풋을 향상시킬 수 있습니다

## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

### ▶ 응용 자료



▶ 그림 6. ASK 변조도, 상승 시간 및 하강 시간은 일반적으로 리더가 올바르게 태그를 작동시키고 데이터 심벌을 해석할 수 있도록 지정됩니다.

.RFID 시스템에는 일반적으로 변조 기술과 간단히 만들 수 있는 코딩 체계를 채택합니다. 예를 들어 ISO 18000 Type C(EPC Gen2, Class 10이라고도 함)에는 DSB-ASK(Double Side Band-Amplitude Shift Keying), SSB-ASK(Single Side Band-ASK) 및 PR-ASK(Phase Reversal-ASK)가 요구됩니다.

진폭 편이 변조(ASK)된 디지털 변조의 스펙트럼 활용은 비효율적이어서 지정된 데이터 전송률에 대해 상당한 RF 대역폭이 필요합니다. RF 대역폭 Hz 당 0.20비트의 대역폭 효율은 DSB-ASK에서는 흔히 볼 수 있는 수준입니다.

대역폭 효율을 높이기 위한 한 가지 접근 방식은 SSB-ASK를 사용하는 것입니다. 이것은 대역폭 제한에서 DSB-ASK를 제외시키는 유럽 국가에서 특히 중요합니다.

DSB-ASK와 SSB-ASK의 전력 효율은 변조 지수에 따라 다릅니다. 변조 지수가 1이거나 반송파의 OOK(On and Off Keying)인 경우 DSB-ASK와 SSB-ASK에 대해 지정된 BER(Bit Error Rate) 달성에 필요한 가장 낮은 C/N(Carrier to Noise)을 얻습니다. 불행히도 이 경우에는 태그에 에너지를 공급하기 위한 다운링크 상의 RF 전력 공급량도 최소가 됩니다.

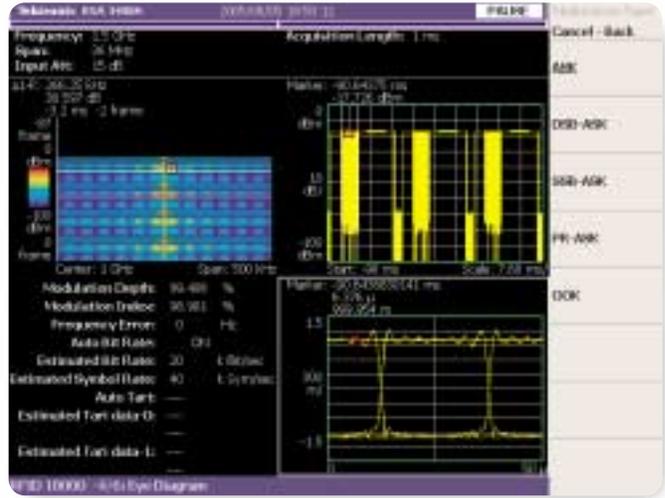
DSB-ASK보다 더욱 밀접하게 일치하는 PSK에 대한 C/N 및 대역폭 요구 사항을 가지고 있으므로 더 거리에 적용되는 협대역 애플리케이션에 매력적인 특징이 됩니다.

이상적인 조건으로 만들려면 반송파의 오프 시간을 최소화하여 태그에 전력이 부족하지 않도록 해야 합니다. ID 판독 범위 극대화를 위해 C/N 요구 사항도 최소화되어야 합니다. 수많은 변조에 있어 이는 상충되는 목표입니다.

좁은 대역에서 C/N 요구 사항을 최소화하는 동시에 태그로의 전력 공급을 극대화할 수 있는 한 가지 변조 방식이 바로 PR-ASK입니다. PSK(Phase Shift Keyed) 신호와 유사한 PR-ASK는 심벌을 보낼 때마다 위상을 180° 바꿉니다. PR-ASK는 이전 심벌과 새 심벌의 위상 벡터를 곱하면 그냥 진폭이 0이 되므로 100%의 진폭 변조도 또는 1의 변조 지수를 만들 수도 있습니다. 이것은 진폭이 간단히 0으로 줄어들지만 반송파 전원이 꺼지는 시간을 최소화하여 수동 태그로의 전원 공급이 최적화될 때 쉽게 감지되는 클럭 신호를 제공합니다.

DSB-ASK는 최소한의 대역폭 효율을 발휘하는 변조 기술이지만 반송파 신호의 OOK(On and Off Keying)에 의해 가장 쉽게 만들어집니다. ASK 변조 사양에는 종종 상승 및 하강 시간 요구 사항뿐 만 아니라 변조도도 포함됩니다. 상승 및 하강 시간은 일반적으로 대역폭 필터링에 관계되어 있는 반면 변조도는 변조 상태 간의 감쇠 차이로 설정됩니다.

변조 전에 데이터를 직렬 정보 스트림으로 인코딩해야 합니다. 사용할 수 있는 비트 인코딩 방식에는 많은 종류가 있으며 그 각각은 기저 대역 스펙트럼 특성, 인코드/디코드에 따른 복잡성 및 메모리로의 클러킹 난이도에 있어 제각기 장점이 있습니다.



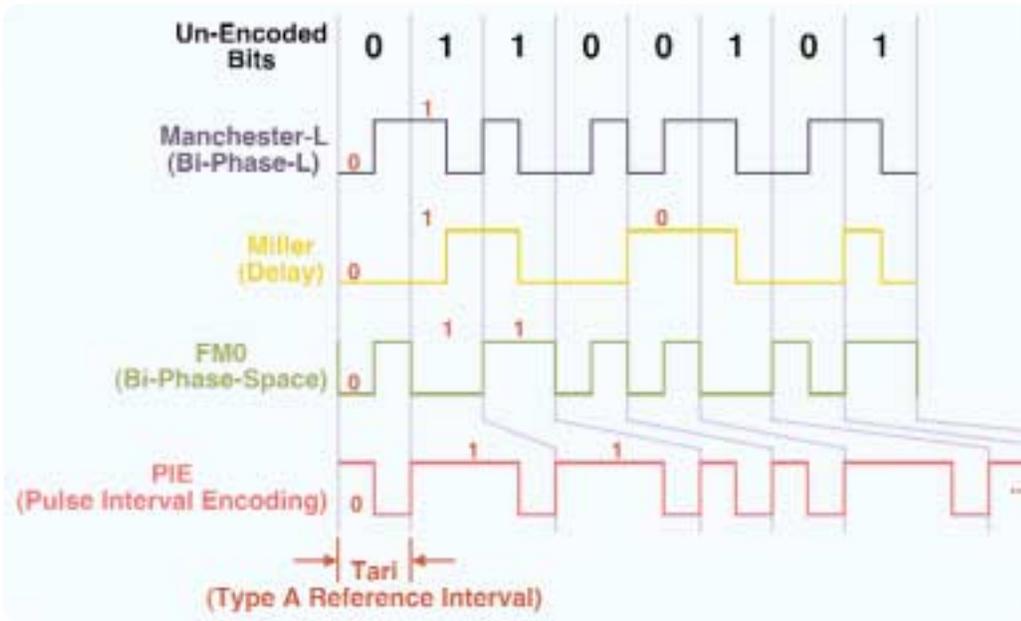
▶그림 7. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 널리 쓰이는 RFID 변조에 대한 변조도나 지수를 쉽게 측정할 수 있습니다. 이 화면 캡처에서는 심벌 아이 패턴을 스펙트로그램과 전력 대비 시간 디스플레이로 봅니다.

수동 RFID 태그에는 사용되는 코딩 방식에 고유의 요구 사항이 있습니다. 온보드 상태의 수동 태그에 대한 정밀 타이밍 소스를 구현할 수 없다는 점, 어려운 대역폭 요구 사항 그리고 태그 작동을 위한 최대 RF 전력 공급의 필요성 때문에 수많은 RFID 애플리케이션에 있어 데이터 인코딩이 매우 중요한 요소가 됩니다.

인터로게이터는 태그 통신(R=>T)에 Manchester(Bi-Phase-L)와 P1E(Pulse Interval Encoding)를 많이 사용합니다. 이런 코딩 방식의 중요한 특징은 코딩 방식이 변환을 바탕으로 하고 있고 자체 클러킹이 가능하여 전력이 부족한 태그에 필요한 동기화 회로의 복잡성을 대폭 줄여준다는 점입니다.

## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

### ▶ 응용 자료



▶ 그림 8. RFID 시스템은 다양한 PCM 비트 코딩 방식을 이용합니다. 후방 산란을 위한 저주파 DC 스펙트럼 에너지 뿐만 아니라 태그의 동기 복잡성도 중요한 고려 사항입니다.

PIE 인코딩은 20ms와 같이 지정된 최소 펄스 지속 시간이나 간격을 바탕으로 합니다. 이 주기를 'Tari' 라고하며 ISO 18000-6 Type A Reference Interval(Tari)에서 그 이름을 따온 것입니다. SOF(Start Of Frame) 및 EOF(End Of Frame)와 같은 특수한 심벌뿐 만 아니라 1과 0비트도 서로 다른 tari 주기로 구성됩니다. 이에 따라 지정된 비트 변수 수에 대한 송신 길이가 만들어집니다. PIE 인코딩은 자체 클러킹 방식이므로 변수 길이는 거의 영향을 미치지 않습니다..

Tari 길이는 송신된 신호의 대역폭 결정에 있어 중요한 요소인 변조된 신호에 대한 최소 펄스 폭이기도 합니다. Tari 길이가 짧을수록 신호에 대한 대역폭 요구 사항은 더 커집니다. ISO 18000-6, Type C와 같은 보다 최근의 표준에서는 전 세계적으로 다양한 규제에 따른 스펙트럼 방출 요구 사항을 수용할 수 있도록 여러 가지 Tari 길이(6.25, 12, 25ms)를 허용합니다.

RFID PCM(Pulse Code Modulation) 코딩 방식에 중요한 또 다른 특성은 DC 스펙트럼 구성 요소입니다. 후방 산란 태그는 반송파 신호를 변조합니다. 그런 다음 반송파 신호는 태그 리더의 기저 대역 DC 레벨로 다시 필터링되어 태그에서 훨씬 더 약한 업링크 변조만 남기게 됩니다. 태그의 코딩 방식에서는 리더로의 업링크가 DC 에너지를 거의 또는 전혀 가지지 않아야 하므로 반송파 신호와 충돌을 일으킵니다.

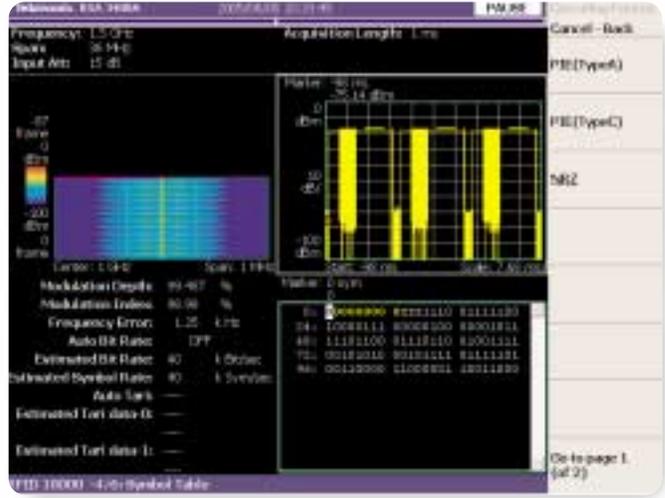
Miller 및 FMO 인코딩은 스펙트럼에 DC 에너지가 거의 또는 전혀 없는 이런 특성을 공유합니다. ISO 18000-6 Type C는 다른 부반송파 속도를 제공함으로써 Miller 인코딩을 보다 향상시킵니다. 부반송파 주파수의 1, 2, 4, 8배가 변조 인코딩을 조정할 수 있도록 함으로써 판독 거리, 속도 또는 대역폭을 최적화합니다.

ASK 변조의 문제해결에 사용되는 대부분의 신호 분석기에는 이런 아날로그 PCM 파형을 심벌이나 비트로 디코드하는 능력이 없습니다. RFID 소프트웨어 옵션이 있는 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 아날로그 RFID 파형을 각 파형이 나타내는 비트로 디코드하는 기능을 지원합니다. 이것은 RFID 시스템이 설치되어 있는 회로나 환경과 관련된 문제를 진단하는 데 특히 유용합니다.

많은 RFID 시스템에 사용되는 진폭 기반 변조는 빠른 신호 페이딩 상태에 민감합니다. 금속으로 된 트럭과 창고 구조물 사이에 위치한 리더가 움직이면서 태그로 가득 찬 팔레트를 실은 포크리프트를 이동하는 상황은 엄청난 다중 경로 상태를 유발합니다. 빠른 Rayleigh 페이딩 또는 섀도잉은 진폭 변조와 구별할 수 없어 비트 오류의 원인이 됩니다.

RTSA를 사용하면 파형으로부터 해석된 심벌뿐 만 아니라 전력 대비 시간 디스플레이의 아날로그 파형도 볼 수 있으므로 엔지니어는 이를 통해 어떤 심벌이 틀린 이유를 쉽게 알 수 있습니다. 이런 능력이 없는 분석기를 사용하는 경우에는 엔지니어가 길이가 96비트 이상일 수 있는 파형을 수동으로 디코드해야 합니다.

아날로그 파형과 디코드된 심벌이 모두 있는 경우, 통신된 데이터에 대한 노이즈 또는 간섭의 효과를 결정하는 프로세스가 대폭적으로 간략해 집니다. 종종 진단 테스트 중에 수신된 파형에는 상당한 노이즈와 간섭이 있습니다. 많은 경우, 신호가 손상됨으로 인해 데이터에는 어떤 영향이 있을 것인지 딱 잘라 말하기가 어렵습니다. 분석기를 이용하여 심벌을 디코드하는 경우에는 정확한 것으로 검증된 테스트 측정 장비에서 데이터 페이로드를 검사할 수 있습니다. 따라서 RFID 엔지니어는 심각한 데이터 오류를 발생시키는 신호 손상과 그다지 큰 영향이 없는 신호 손상을 쉽게 구분할 수 있습니다.



▶그림 9. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 RFID 분석 소프트웨어는 널리 쓰이는 인테리게이터와 태그 PCM 인코딩 방식을 위한 심벌 디코딩 기능을 가지고 있습니다.

둘 이상의 태그가 응답할 위치에 있으므로 인테리게이터가 그 근처의 태그에 신호를 보낼 때 또 다른 RFID 고려 사항이 발생합니다. 인테리게이터의 가시권에 있는 태그를 모두 읽을 수 있도록 하려면 특정한 형태의 충돌 방지 프로토콜이 필요합니다. 충돌 방지 프로토콜에는 결정적 및 확률적 프로토콜의 두 가지 기본 유형이 있습니다. 널리 쓰이는 RFID 프로토콜은 결정적 이진 트리와 확률적 ALOHA 및 슬롯형 ALOHA 접근 방식입니다.

이진 트리 방식에서는 특정 이진수에 맞는 태그 ID를 검색합니다. 예를 들어 이진수 1로 시작되는 모든 태그가 응답한 다음 두 번째 숫자가 0인 모든 태그가 응답하고 각 태그가 지정되어 기록될 때까지 이 과정을 반복합니다. 충돌이 발생하는 경우 결정 트리의 해당 부분에 대한 검색에 숫자가 추가로 부가됩니다. 이진 트리 프로토콜은 태그 ID의 전체 트리를 검색하는 속도는 느립니다.

## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

### ▶ 응용 자료

확률적 ALOHA 프로토콜(하와이 대학에서 개발함)을 사용하면 태그가 메시지를 보낼 수 있고 메시지가 통과하지 않는 경우에는 통과할 때까지 나중에 그냥 다시 시도합니다. 슬롯형 ALOHA 접근 방식에서는 통신 패킷이 송신 중간에 중단되지 않도록 모든 태그 사이에 동기화를 이용합니다. 슬롯형 ALOHA는 사용 가능한 대역폭을 사용할 때 효율이 약 30%인데 비해, 직접형 ALOHA는 효율이 약 18%에 불과합니다. ALOHA 프로토콜은 많은 수의 태그를 정렬할 때 비교적 그 속도가 빠릅니다.

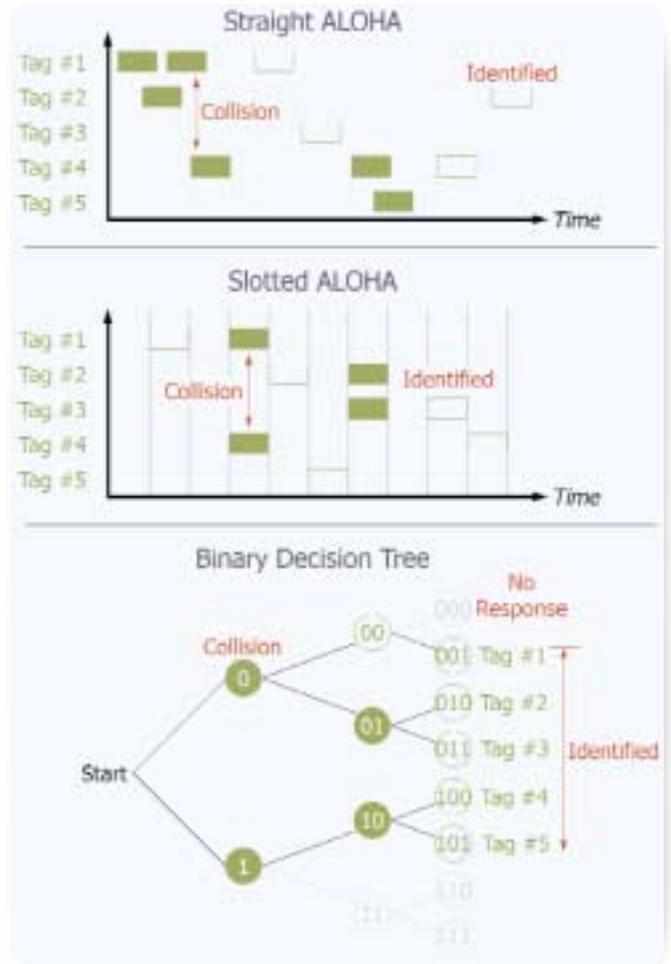
LBT(Listen Before Talk) 방식을 사용하면 효율 이득을 추가로 얻을 수 있습니다. LBT를 사용하는 경우 인터로게이터는 해당 채널이 명확하고 이미 진행 중인 송신을 중단시키지 않는지 확인하기 위해 채널을 수신합니다.

ISO 18000-6과 같은 표준은 다양한 프로토콜을 통해 진화해 왔습니다. 처음에는 ISO 18000-6 Type A에서 ALOHA 프로토콜을 사용했습니다. 그런 다음 ISO 18000-6 Type B를 채택하면서 이진 트리 프로토콜이 사용되었습니다. 최근에는 ISO 18000-6 Type C에서 슬롯형 ALOHA 프로토콜을 사용해야 하며 현재 가장 빠른 쓰루풋을 제공하고 있습니다.

Gen2 표준 역시 이전의 여러 UHF 표준을 통합하여 성능 향상과 전 세계적으로 배치하는 까다로운 요건을 충족시킬 수 있는 유연성을 제공합니다.

Gen2 표준은 4가지의 다른 통신 속도를 제공함으로써 각각의 설치를 통해 제각기 다른 통신 채널에서 제공되는 최대 쓰루풋을 이용할 수 있도록 하는 동시에 나라마다 다른 규제 한도를 수용할 수 있도록 합니다.

리더의 RF 가시권에서 여분으로 액세스 가능한 태그를 보다 확실히 읽을 수 있도록 슬롯형 ALOHA 방식이 포함된 'Q' 프로토콜이 초기 표준으로부터 더욱 최적화되어 왔습니다. 프로토콜 교환은 태그가 교환 중



▶ 그림 10. 다중 태그로부터 반대 방향으로 전달되는 동시 송신 간의 충돌을 중재하는 프로토콜 중 널리 이용되는 것으로는 ALOHA, 슬롯형 ALOHA 및 이진 결정 트리(Binary Decision Tree)가 있습니다.

에 전력이 부족하지 않을 만큼 충분한 RF 에너지를 받을 수 있는 지속 시간 내로 단축되었습니다. 태그가 리더에 응답할 수 있는 확률을 제어하기 위해 특수 파라미터 'Q'가 설정되었습니다. Gen2 태그도 판독된 후에는 슬립 상태가 되어 충돌을 최소화함으로써 나머지 태그의 판독 속도를 높일 수 있는 능력이 있습니다.

ISO 18000-6 Type C 표준은 리더가 조밀하게 배치된 환경에서 다운링크와 업링크 전력 레벨 불균형 문제도 해결합니다. 여러 개의 리더가 서로 가까운 곳에 근접하여 배치된 경우에는 서로 쉽게 간섭을 일으킬 수 있습니다. 전력 증폭기에서 생성된 다운링크 전력 레벨은 미국에서는 +37dBm까지 높을 수 있으며 이에 따라 수동 태그가 약 4m의 거리에서 전달된 -15dBm의 RF 전력보다 큰 유용한 레벨을 받을 수 있습니다. 태그에서 연결된 후방 산란 업링크는 인터로게이터의 다운링크 전력 레벨보다 훨씬 낮은 -63dBm만큼 낮을 수 있습니다.

밀집된 배치에서는 다른 태그 리더가 약하게 후방 산란된 신호를 쉽게 제거할 수 있습니다.

대역폭이 좀 더 풍부한 미국에서는 주파수 홉(HOP) 확산 스펙트럼 기술을 사용하여 많은 리더가 서로 근접한 상태에서 작동할 수 있도록 지원합니다.

일본과 유럽에서는 UHF 대역폭이 부족하므로 ISO 18000-6 Type C 사양을 이용해 여러 개의 리더가 인터로게이션을 동기화할 수 있도록 허용함으로써 트래픽 폭주를 경감시킵니다. 채널 폭을 변화시키기 위해 이미 사용 중인 채널을 피하거나 4개의 서로 다른 부반송파 인코딩 속도(FM0, Miller M=2, M=4 & M=8)의 사용을 피하기 위한 '송신 전 수신'과 같은 방식은 밀집되거나 노이즈가 심하거나 간섭이 잘 발생하는 환경에서 작업하는 리더의 능력을 높여줍니다. 또한 최신 사양에서는 보안성과 미래 표준으로의 확장성도 개선되었습니다.

RFID 기술과 그에 따른 이슈 및 표준을 검토해봤으므로 몇 가지 중요한 테스트 고려 사항을 살펴 보겠습니다.

## RFID 테스트 개요

RFID 시스템, 특히 후방 산란 수동 태그가 있는 시스템을 테스트하고 진단할 때는 몇 가지 고유한 해결 과제가 따릅니다.

시스템 리더는 오류 없이 많은 태그로부터 매우 빠르게 ID 데이터를 읽을 수 있어야 하므로 타이밍 측정이 특히 문제가 됩니다.

대부분의 RFID 시스템은 인터로게이터와 태그가 같은 채널에서 교대로 통신하는 과도 TDD(Time Division Duplexing) 방식을 사용합니다. 직렬 TDD 다중화 방식으로 매우 짧은 시간 내에 많은 ID 태그를 읽기 위해 표준에서는 매우 정밀한 타이밍 제어를 요구합니다. 따라서 데이터 교환에 대한 타이밍 측정이 특유의 RFID 해결 과제를 안겨 줍니다.

과도 RFID 신호에는 종종 특수한 PCM 심벌 인코딩 및 디코딩을 사용하고 스펙트럼 측면에서 비효율적인 변조 방식이 포함됩니다. 이런 통상적이지 않은 신호를 수신하는 호모다인 인터로게이터와 태그에는 특수한 신호 분석기 기능이 요구됩니다.

전통적으로 스위프 튜닝 스펙트럼 분석기, 벡터 신호 분석기 및 오실로스코프가 무선 데이터 링크 개발에 사용되어 왔습니다. 이런 계측기의 한계로 인해 아무리 애플리케이션을 잘 개발하더라도 첨단 RFID 제품 개발과 생산이 비효율적이게 됩니다.

스펙트럼 분석기는 역사적으로 규제 기관의 방사 규제를 준수할 수 있도록 송신기의 RF 스펙트럼 출력을 특성화하기 위해 선택해 온 장비였습니다. 전통적인 스위프 튜닝 스펙트럼 분석기는 첨단 RFID 제품에 관련된 단속적인 RF 과도 신호가 아니라 주로 연속적인 신호를 분석하기 위해 개발되었습니다. 이 분석기는 다양한 측정 문제, 특히 과도 RF 신호를 정확하게 캡처하고 특성화하는 문제를 일으킬 수 있습니다.

## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

### ▶ 응용 자료

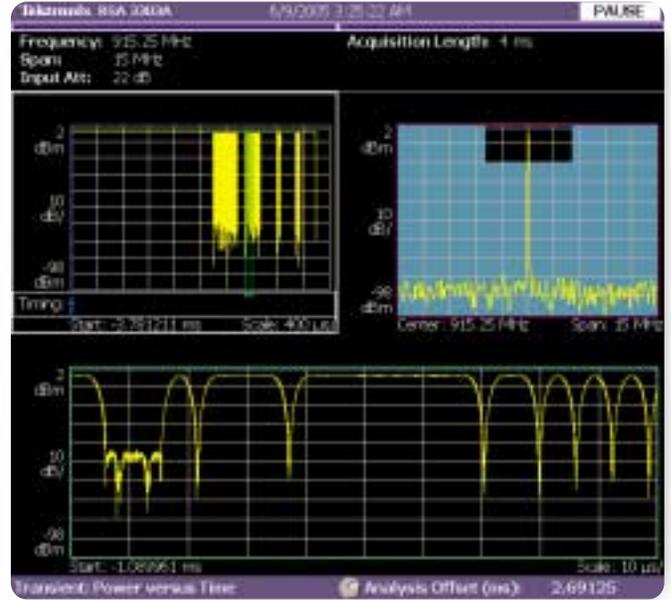
마찬가지로, 벡터 신호 분석기 역시 CW 신호를 처리하기 위해 초기에 개발된 분석기로서 과도 RF 신호를 캡처할 수 있는 능력이 거의 없습니다. 대부분의 벡터 신호 분석기가 스펙트럼 효율이 높고 널리 쓰이는 변조 방식에 대한 폭 넓은 복조 능력을 가지고 있지만 현재 솔루션에는 스펙트럼 효율이 낮은 RFID 변조와 이에 대해 특수한 PCM 디코딩 요구 사항을 지원할 만한 것이 사실상 아무 것도 없습니다. 이 때문에 RFID 엔지니어 입장에서는 현재 사용되는 벡터 신호 분석기는 거의 아무런 가치도 지니지 못합니다.

오실로스코프는 기저 대역 신호 분석을 위해 오랫동안 유용하게 사용된 장비였습니다. 최근 들어 몇몇 오실로스코프는 샘플링 속도를 매우 높은 초단파 주파수까지 확대했습니다. 하지만 이런 오실로스코프도 RFID 시스템에 대한 UHF 또는 더 높은 주파수 측정에는 여전히 최적의 도구라 할 수 없습니다. 첨단 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)에 비해 고속 오실로스코프는 측정 다이내믹 레인지가 상당히 적고 변조 및 디코딩 능력이 부족합니다.

RFID 엔지니어 입장에서는 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)가 전통적인 측정 도구의 한계를 뛰어넘어 훨씬 더 효율적으로 테스트와 진단 작업을 수행할 수 있는 장비입니다.

펄스형 태그를 읽고 쓰려면 과도 신호에 최적화된 RF 분석기가 필요합니다. 텍트로닉스 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA) 제품군은 고유의 실시간 아키텍처와 시간 상관 디스플레이로 과도 신호를 특성화하는 능력이 탁월합니다.

실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 데이터 기록을 캡처하기 전에 실시간 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용하여 시간 영역 샘플에서 받은 입력 신호를 주파수 영역으로 변환하는 데 필요한 디지털 처리 속도를 보유하고 있습니다. 따라서 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)를 사용하여 실시간으로 사용자가 설정한 주파수 마스크에 스펙트럼 진폭을 비교할 수



▶그림 11. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 FMT(Frequency Mask Trigger)와 딥 메모리는 전체 인터레이터/태그 상호 작용을 캡처할 수 있습니다. 원하는 반송파 주변에 좁은 마스크를 설정하면 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)가 진폭이 더 크고 IF 레벨 트리거링을 무용지물로 만드는 근처의 단속 신호를 무시하도록 할 수 있습니다.

있습니다. 그런 다음 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 후속적으로 상세한 오프라인 분석을 위해 관심 있는 스펙트럼 이벤트 상의 캡처를 트리거할 수 있습니다.

엔지니어는 이 기능을 이용하여 전체 과도 인터레이터 캡처와 최초의 스펙트럼 버스트와 함께 시작되는 태그 상호 작용을 시작할 수 있으므로 이 기능은 RFID 애플리케이션에 중요한 기능입니다. 게다가 텍트로닉스가 특허권을 가진 FMT(Frequency Mask Trigger) 기술을 이용하면 다른 신호가 실제로 진폭이 더 커질 수 있는 복잡한 실제 스펙트럼 환경에서 인터레이터와 태그 상호 작용을 확실히 캡처할 수 있습니다.

RSA3408A에는 리더와 태그 사이에 교환된 전체 데이터를 캡처하는 정밀 트리거링 기능과 결합된 충분한 메모리 기능이 있습니다. 따라서 완전한 데이터 레코드를 이용하여 시스템 상호 작용을 빠르게 진단할 수 있습니다.

실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 시간 상관 다중 영역 분석을 광범위하게 이용하므로 사용자가 디스플레이 사이에 정밀한 시간 상관 마커를 사용하여 여러 측정 영역을 표시할 수 있습니다. 예를 들어 오류가 발생한 심벌 비트에 마커를 표시할 수 있으며 계측기는 이 마커를 전력 대비 시간 디스플레이 또는 스펙트로그램에 해당하는 인스턴스와 이 마커를 상관시키게 됩니다.

시간 상관 분석 영역은 서로 다른 디스플레이에서 발생하는 이벤트의 원인이 된 변형을 명확히 확인해줌으로써 진단 정보의 질과 그 신뢰성을 대폭 향상시킵니다.

과도 RFID 신호를 트리거하고 캡처하는 실시간 스펙트럼 분석의 탁월한 능력 외에도, 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 업계 최초의 RFID 분석 패키지를 테스트하고 측정하는 기능을 제공합니다. 이에 따라 RSA3408A는 수많은 RFID 애플리케이션에 사용되는 특수한 신호를 복조, 디코드 및 측정하는 기능을 가집니다.

첨단 RSA3408A는 RFID 애플리케이션에 대해 전통적인 테스트 장비보다 훨씬 빠르고 효율적인 진단 및 특성화 기능을 제공할 수 있습니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 효용성을 설명하기 위해 다음에는 몇 가지 일반적인 RFID 측정을 살펴 보겠습니다.

## RFID 측정

RFID 엔지니어들은 제품을 출시하기까지 다양한 설계 과제를 만나게 됩니다. 우선, 설계하는 제품이 해당 스펙트럼으로 에너지를 방사하는 것과 관련된 현지의 주파수 규정을 준수해야 합니다. 다음은 인터로게이터와 태그 상호 작용이 서로 신뢰성 있게 이루어져야 합니다. 이를 위해서는 인터로게이터와 태그 모두 알맞은 산업 표준에 따라야 합니다. 마지막으로 제품이 시장에서 경쟁력을 가지려면 RFID 시스템의 성능이 특정 시장 세그먼트에 어필할 수 있는 수준으로 최적화되어야 합니다. 이는 초 당 트랜잭션 수를 극대화하거나 리더가 밀집된 환경에서 올바르게 작동하거나 리더가 장거리에서도 통신할 수 있도록 리더의 능력을 향상시키는 등의 요건을 의미하는 것일 수도 있습니다.

실시간 스펙트럼 분석기(RTSA) 및 RFID 분석 소프트웨어가 어떻게 RFID 테스트의 필수 불가결한 부분이 되어가고 있는지 살펴보기 위해 정부 규제를 준수할 수 있도록 스펙트럼 방사를 특성화하는 데 필요한 주요 측정부터 시작해 보겠습니다.

## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

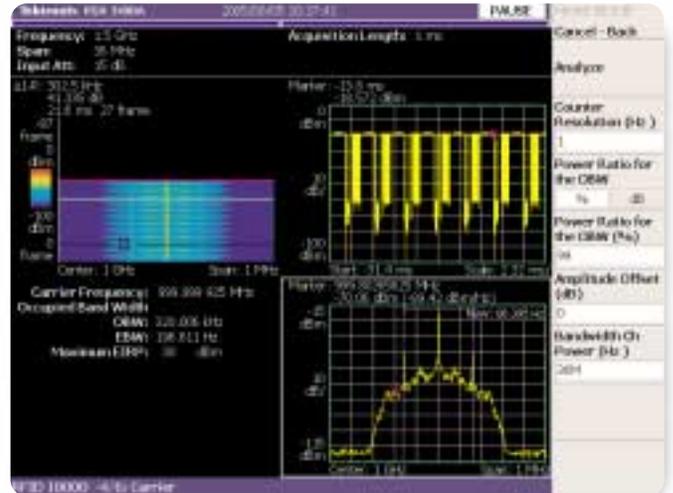
### ▶ 응용 자료

#### 정부 규제 준수

정부 규제에 따라 송신되는 신호의 전력, 주파수 및 대역폭을 제어해야 합니다. 이런 규제들은 유해한 간섭을 예방하고 각 송신기가 해당 대역의 다른 사용자에 대해 스펙트럼이 양호한 송신기가 될 수 있도록 하는 역할을 합니다. RFID 소프트웨어가 내장된 RSA3408A를 사용하면 정부 규제에 적합한 스펙트럼 파라미터를 쉽게 측정할 수 있습니다.

펄스형 신호의 전력 측정은 대다수 스펙트럼 분석가에게는 어려운 작업일 수 있습니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 과도 신호를 최적화하면 펄스형 RFID 패킷 송신에서 간단히 전력을 측정할 수 있습니다. FFT 분석을 하면 패킷 송신 중 임의의 지정된 시간 동안 전체 스펙트럼 프레임이 제공됩니다. 이렇게 하면 오래된 스위프 튜닝 스펙트럼 분석기에서는 애플을 먹었던 패킷 버스트가 있는 튜닝 스위프를 동기화할 필요가 없어집니다. 또한 SLVA(Successive Log Video Amplifier) 피크 탐지(Peak Detection) 회로를 보상하기 위해 보정 계수가 필요한 전통적인 스펙트럼 분석기와는 달리, 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 규제에 따른 대부분의 측정을 위해 전력을 정확히 읽는 진정한 RMS Detection방식을 이용합니다.

또 다른 중요한 스펙트럼 방사 측정 항목은 신호의 반송파 주파수입니다. 이 측정은 두 가지 방법으로 표현할 수 있습니다. 즉 실제 반송파 주파수를 절대값으로 표현하는 방법과 지정된 채널 주파수에서 반송파 주파수 오류로 표현하는 방법이 있습니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 신호를 복조할 때 반송파 주파수 오류를 표시합니다. 스펙트럼 분석 모드에서 반송파 주파수 소프트 키 앞에 있는 측정 버튼을 선택하면 절대값으로 표현된 반송파 주파수를 표시할 수 있습니다.



▶ 그림 12. 스펙트럼을 표시하고 OBW/EBW 측정을 선택함으로써 주요 규제에 적합한 스펙트럼 측정 결과를 빠른 시간 내에 얻을 수 있습니다. 전방향성 안테나를 사용한다는 가정 하에, 반송파 주파수, OBW/EBW 및 EIRP도 지정됩니다.

복조된 반송파 주파수 측정의 주목할만한 한 가지 이점은 신호를 대역 중심에 두지 않아도 된다는 점입니다. 이 점은 주파수 호핑 신호에 매우 유용한 장점이 될 수 있습니다.

마찬가지로, OBW(Occupied BandWidth) 또는 EBW(Emission BandWidth) 역시 두 가지 방법으로 얻을 수 있습니다. 복조 모드에서 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 반송파 주파수 및 송신 전력 레벨뿐만 아니라 OBW와 EBW를 표시합니다. 또한 측정 키 아래의 실시간 스펙트럼 분석기 모드에서도 대역폭 측정을 수행할 수 있습니다.

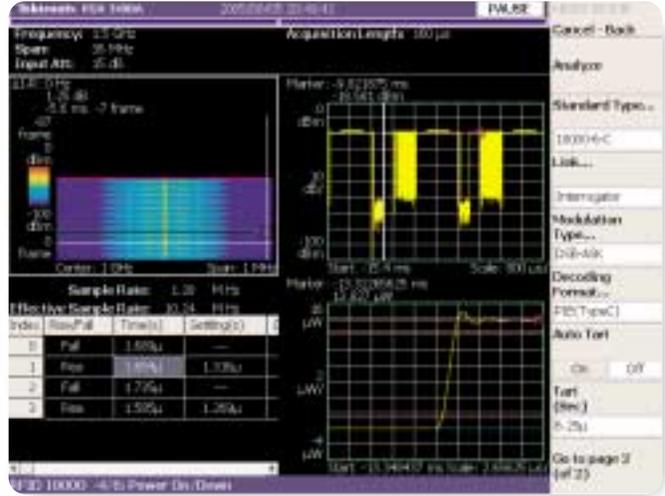
이런 사전 프로그램된 자동 측정 기능을 사용하면 규제에 따른 필수 데이터의 빠르고 정확하게 얻을 수 있습니다. 따라서 전통적인 스펙트럼 분석기가 과도 RFID 신호에 대한 측정 작업을 수행하도록 하기 위해 지루하게 반복적으로 시도할 필요가 없어집니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 변조를 인식하고 버튼을 눌러 간단히 해답을 제공합니다.

### 산업 표준 준수

인테레게이터와 태그 상호 작용이 신뢰성을 가지려면 ISO 18000-6 Type C 사양과 같은 산업 표준을 준수해야 합니다. 이를 위해서는 각국 정부에서 정한 스펙트럼 방사 요구 사항에 필수적인 테스트 외에도 추가로 수많은 테스트를 실시해야 합니다. RF 적합성 테스트는 태그와 리더 간 정확한 상호 운용성을 보장하기 위해 반드시 필요한 중요한 테스트입니다.

RSA3408A의 RFID 소프트웨어에는 ISO 18000-4 Mode 1과 ISO 18000-6 Type A, B 및 C 표준에 필요한 핵심적인 측정 기능이 포함됩니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)에서 사전 프로그램된 측정 기능을 이용하면 이런 신호 형식을 확인하는 데 필요한 설정 시간 중 대부분이 고스란히 절약됩니다.

예를 들어 ISO 18000-6 Type C에 대한 적합성 준수 여부 테스트를 위한 한 가지 중요한 측정 항목은 Power on/Power down 시간입니다. 반송파 에너지의 상승 시간 측정 기능은 태그가 올바르게 작동하기에 충분한 에너지를 수집할 수 있도록 즉시 켜져야 합니다. 또한 신호도 안정적인 수준으로 안착해야 합니다. 송신이 끝나면 신호 버스트의 하강



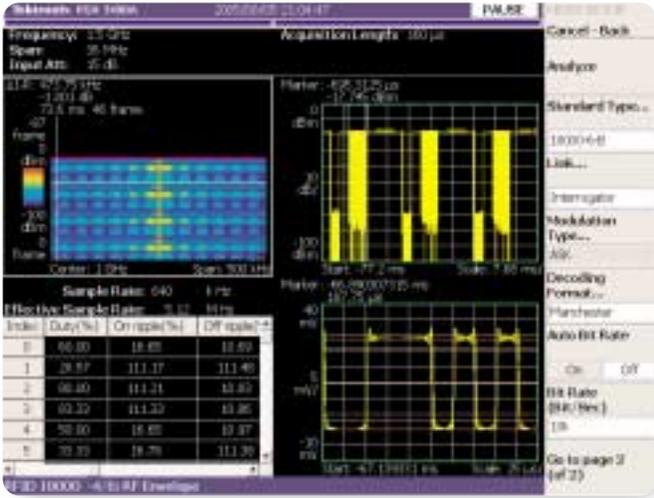
▶그림 13. RTSA를 사용하면 버튼 하나만 눌러 query session에 대한 Power On/Down 측정 기능을 테스트하여 산업 표준에 대한 적합성 여부를 결정할 수 있습니다.

시간은 다른 송신에 방해가 되지 않도록 충분히 빨라야 합니다.

적절한 RFID 표준과 Type을 선택한 복조 모드에서 분석기의 소프트웨어 키를 누르고 Power On/Down을 누릅니다. 그러면 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)가 전원 On 상승 시간, 전원 Off 하강 시간, 전력 안정화 시간, 오버슈트 및 언더슈트를 자동으로 측정합니다. 보다 자세히 그 내용을 들여다볼 수 있도록 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 측정 창에 파형의 특성도 표시합니다.

## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

### ▶ 응용 자료



▶ 그림 14. RFID 측정 소프트웨어는 RF 엔빌로프에 대한 On 및 Off 리플, 듀티 사이클 및 펄스 폭과 같은 필수적인 적합성 사양 항목을 측정합니다.

인테레게이터와 태그 사이의 통신은 전원을 켜는 동안 발생하는 ASK 신호 버스트를 이용해 이루어집니다. 이런 신호 버스트가 RF 엔빌로프를 구성하며 상호 운용성에 중요합니다. 변조 펄스 엔빌로프에는 리더와 태그 사이의 호환성을 보장하는 데 필요한 특성이 포함됩니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 RFID 소프트웨어는 RF 엔빌로프 에지의 폭, Off 폭, 듀티 사이클, On 리플, Off 리플 및 경사와 같은 RF 엔빌로프 사양을 자동으로 측정합니다.

RSA3408A는 DSB-ASK, SSB-ASK 및 PR-ASK를 포함한 다양한 변조 엔빌로프를 특성화할 수 있습니다. 프로토콜 송신을 계속 추적하는 작업을 단순화하기 위해 RFID 소프트웨어에서는 개별 버스트에 색인 번호가 매겨진 레이블을 사용합니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 엔

### Option 21 RFID Standard Measurements

Menu	Measurement	Standard				
		ISO 18000-4, Mode1	ISO 18000-6, Type A	ISO 18000-6, Type B	ISO 18000-6, Type C	
Carrier	Carrier Frequency	✓	✓	✓	✓	
	OBWEBW	✓	✓	✓	✓	
	Ave. Power for Pwr. On	✓	✓	✓	✓	
Spurious	Spurious	✓	✓	✓	✓	
	ACPR	✓	✓	✓	✓	
Power On/Down	Transmission Power	✓	✓	✓	✓	
	Rise & Fall Time	✓	✓	✓	✓	
	Settling Time	✓	✓	✓	✓	
	Over/Under Shoot	✓	✓	✓	✓	
	Off Level	✓	✓	✓	✓	
	On/Off Width	✓	✓	✓	✓	
	Duty Cycle (%)	✓	✓	✓	✓	
RF Envelope	On/Off Ripple	✓	✓	✓	✓	
	Rise Time	✓	✓	✓	✓	
	Fall Time	✓	✓	✓	✓	
	Constellation	Modulation Depth	✓	✓	✓	✓
	Eye Diagram	Modulation Index	✓	✓	✓	✓
Symbol Table	Frequency Error	✓	✓	✓	✓	
	Bit Rate (Measured)	✓	✓	✓	✓	
	Tari Length (0 & 1)	✓	✓	✓	✓	
	Indicate Preambles	✓	✓	✓	✓	
	Marker	Turn Around Time	✓	✓	✓	✓

▶ 표 3. 21번 옵션에는 국제적으로 인정된 표준으로 작업 시 계측기 설정 시간을 대폭 단축하여 효율을 개선할 수 있는 수많은 초기 설정 측정 기능이 포함됩니다.

빌로프 번호로 버스트를 더욱 세분하여 세부 정보 디스플레이에 개별 심벌 파라미터를 표시합니다.

### 독점적 통신 방식 테스트

많은 RFID 및 NFC 장치에 특정 시장용으로 적합하게 최적화된 독점적인 통신 방식이 사용됩니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 수동으로 설정하는 측정 기능을 사용하여 독점 시스템의 테스트를 지원하는 다양하고 유연한 변조 측정 기능을 제공합니다.

사용자는 이 장비를 사용하여 변조 유형, 디코딩 형식 및 데이터 전송률을 정할 수 있습니다. 테스트 시스템에 대해 LF(저주파) 대역(125kHz-135kHz), HF(고주파) 대역(13.56MHz), UHF(초고주파) 대역(868-928MHz) 및 S 대역 초단파(2.45GHz)까지 포함하는 다양한 주파수를 설정할 수 있습니다.

예를 들어 사용자는 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)를 수동으로 설정하여 ISO 14443, Type A 및 Type B를 준수하는 장치와의 테스트 상호 운용성 뿐만 아니라 ISO 18092를 준수하는 NFC 장치의 적합성을 테스트할 수 있습니다. 사용자는 단지 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA) 주파수를 13.56MHz로, 변조 유형을 ASK 또는 BPSK(Type B 카드/타겟)로, 디코딩 형식을 Modified Miller, Manchester 또는 NRZ로, 데이터 전송률을 106, 212, 또는 424Kb/s로 설정하면 됩니다.

실시간 스펙트럼 분석기RSA3408A의 광범위한 범용 변조 측정 기능은 51.2Mbps의 데이터 전송률로 많은 변조 유형을 지원합니다. 추가적으로 여러 가지 비트 디코딩 방식이 지원되므로 독점적 RFID 또는 NFC 시스템에 이상적인 장비입니다.

Modulation		Decoding
ASK	GFSK	Manchester
DSB-ASK	BPSK	Miller
SSB-ASK	QPSK	Miller (M-2, M-4 & M-8)
PR-ASK	1/4 π-QPSK	Modified Miller
OOK	OQPSK	FM0
FSK	8PSK	PIE (Type A or C)
GMSK	16 - 256 QAM	NRZ-L

▶ 표 4. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 구성 가능한 폭 넓은 변조 및 디코딩 옵션으로 다양한 독점적 RFID 및 NFC 애플리케이션을 지원합니다. 디코딩 옵션은 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)에서 지원되는 인기 있는 조합을 가진 변조 유형을 기반으로 했습니다.

### 경쟁력 확보

기본 사양이 충족되었다면 이제 특정 시장 세그먼트에서 경쟁력을 확보하기 위해 RFID 제품 기능 중 일부를 최적화하는 것이 중요합니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 시스템 성능을 극대화하는 동시에 원하는 목표를 달성하는 데 필요한 엔지니어링 작업을 최소화하는 데 있어 매우 큰 가치를 지닌 솔루션입니다.

그 한 가지 예가 지정된 시간에 달성 가능한 태그 판독 수를 최적화하는 것입니다. 이렇게 하면 전체 시스템 용량을 증가시켜 수익성 있는 고용량 애플리케이션에 더욱 끌리도록 할 수 있습니다. 용량을 극대화하는 데 있어 중요한 요소는 각 태그 응답에 대해 TAT(Turn Around Time)를 최소화하는 것입니다. 사용 가능한 RF 전력, 경로 페이딩 및 변경된 심벌 레이트는 태그가 인터레이터의 query에 응답하는 데 걸리는 시간을 연장시킬 수 있습니다. 응답이 느릴수록 많은 태그를 읽는 데 걸리는 시간이 길어집니다.

## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

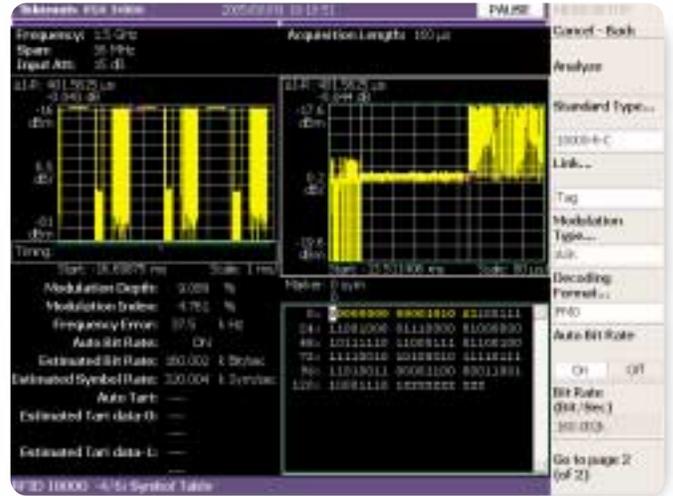
### ▶ 응용 자료

Half-Duplex 시스템에 대한 전환 시간을 빠르게 측정하는 능력이 성능 최적화에 필수적입니다. RTSA는 TAT를 쉽게 측정할 수 있게 해줍니다.

우선, 인터레이터와 태그 사이의 전체 query가 분석기로 캡처됩니다. 심벌 테이블이 선택된 복조 모드의 뷰 창에서 사용자는 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)를 하위 창의 전력 대비 시간 디스플레이로 설정합니다. 그 다음, 뷰 선택 및 스케일 키를 사용하여 하위 창을 태그가 후방 산란하는 파형 부분으로 확대합니다.

통상적으로 한 다운링크 송신(R→T)의 끝에서 다음 다운링크 송신 시작까지의 주기를 반이중 시스템에 대한 전환 시간 또는 TAT라고 합니다. 따라서 태그 인터로게이션의 끝에 마커 하나, 후방 산란의 끝이나 다음 인터로게이터 데이터 송신의 시작 부분에 두 번째 델타 마커를 둬서 전환 시간을 정확하게 측정할 수 있습니다. 가장 폭 넓은 다운링크 상태에 대해 가장 짧은 TAT를 유지하면 시스템 쓰루풋을 극대화하는데 도움이 됩니다.

실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)에도 태그 query와 관련된 심벌이나 비트를 복조하는 능력이 있습니다. 사용자는 알맞은 RFID 표준, 변조 유형 및 디코딩 형식만 선택하면 됩니다. 분석기가 링크의 비트율을 자동



▶ 그림 15. RFID 링크의 전환 시간은 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 마커로 쉽게 측정할 수 있습니다. 이 화면 캡처에서 태그의 후방 산란에서 반환되는 데이터 심벌이나 비트가 디코드됩니다. 프리앰블 심벌은 자동으로 노란색으로 표시됩니다.

으로 탐지하고 표시할 수 있습니다. 엔지니어의 생산성을 추가로 향상시킬 수 있도록 복구된 데이터 심벌은 기능을 기준으로 하여 각기 다른 색상으로 표시됩니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 자동으로 프리앰블을 인식하고 이들 심벌을 노란색으로 나타냅니다. 따라서 실제 데이터 페이로드를 알려진 값과 비교할 때 쉽게 알아볼 수 있습니다.

통신을 최적화하려면 문제의 교정을 위해 광범위한 진단 작업이 필요한 경우가 종종 있는데, 이로 인해 시스템 성능이 저하될 수 있습니다. 수많은 전통적 신호 분석기들은 복잡한 RFID 시스템의 문제해결에 필요한 진단 정보를 쉽게 제공하지 못합니다. 중요한 스펙트럼, 종합적인 ASK 복조 및 특수한 RFID 심벌 디코딩을 정확하게 캡처할 수 있는 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 첨단 주파수 마스크 트리거링 기능이 없으면 테스트 벤치에서의 엔지니어링 생산성이 허용할 수 없는 수준까지 떨어질 수 있습니다.

이런 생산성 저하는 빠르게 변화하는 RFID 산업에서는 치명적인 요소이므로 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 주파수 마스크 트리거링 기능이 매우 중요합니다.

실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 시간 상관 다중 영역(Time-correlated multi-domain) 디스플레이는 각 디스플레이에 있는 마커들 사이의 시간 상관관계가 있는 여러 개의 디스플레이를 한 번에 볼 수 있음을 의미합니다. 시간 상관된 다중 영역 디스플레이는 문제해결 및 진단 작업에 특히 유용합니다.

스펙트로그램의 변형에 표시된 마커는 해당 이벤트에 상응하는 정확한 심벌 위의 마커에 상관됩니다. 시간 상관 디스플레이는 진단 분석 결과로부터 어렵잡아 문제 분석 정보의 신뢰성을 대폭 개선합니다. 시간 상관 마커는 동시에 발생하는 2개의 이벤트를 확인하므로 엔지니어는 전력 대비 시간 글리치(glitch)가 데이터 오류의 원인이 된다고 생각할 필요가 없습니다.

RSA3408A에는 이런 기능들이 있기 때문에 오늘날의 RFID 문제를 해결하는 데 매우 적합합니다. 구식 분석기와는 달리, 첨단 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 완전히 다른 시대의 통신 장비에 적합하게 설계된 스위프 튜닝 스펙트럼 분석기나 벡터 신호 분석기와 같이 RFID 시스템을 신속히 가동시키고 경쟁력 있는 수준으로 작동시키기 위한 솔루션을 제공합니다.

RFID 시스템이 올바르게 작동한다면 다음 단계는 대개 실제로 출시하

기 전에 거쳐야 하는 적합성 인증 준비 단계입니다. 다음 시나리오에서는 성공적으로 인증할 수 있도록 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)를 사전 적합성 테스트에 적용하는 방법을 살펴 봅니다.

### 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)를 이용한 사전 적합성 테스트

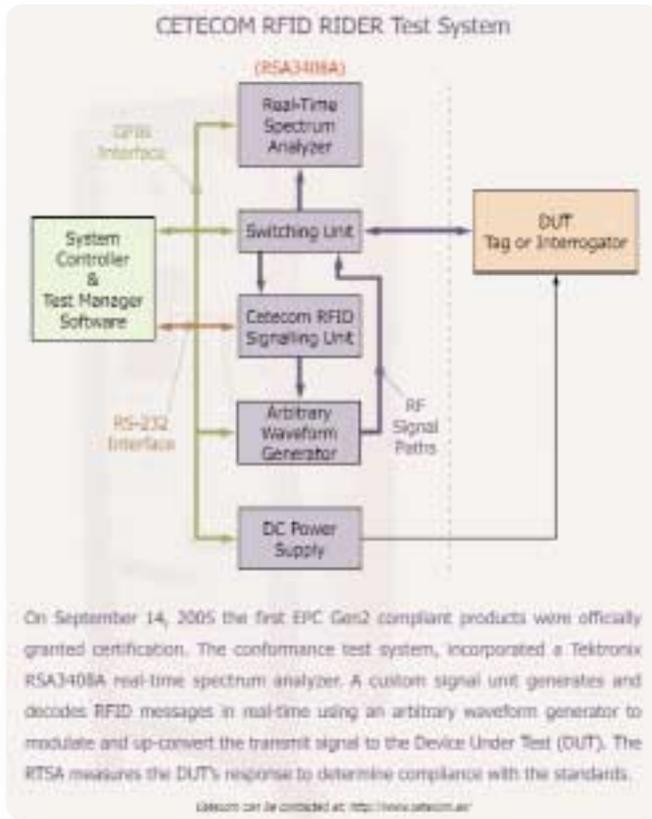
많은 산업 표준에서는 성능 적합성을 보증하는 상표를 표시하기 위해 적합성 인증을 요구 사항으로 내걸고 있습니다. 이런 종류의 승인 스탬프는 다양한 벤더에서 공급된 다양한 리더와 태그와 함께 시스템이 올바르게 작동할 것임을 독립적으로 보증하는 표시가 되므로 잠재 고객에게는 매우 중요한 것입니다.

적합성 테스트는 공평하고 객관적인 테스트입니다. 준비를 철저히 한 상태에서 적합성 테스트를 받으면 그에 따른 보상도 확실히 받을 수 있는 길이기도 합니다. 하지만 적합성 테스트에 통과할 만한 준비가 제대로 되지 않으면 아마 큰 곤란을 겪을 것입니다. 불행히도 빠르게 변화하는 RFID 산업에서는 적합성 인증 준비에 실패할 경우에 치르게 될 최대의 비용은 보통 제품을 시장에 내놓지 못함으로써 발생하는 기회 비용이라 할 수 있습니다. 적합성 인증 테스트에 실패하고 다시 테스트를 받을 일정 계획을 세워야 하는 경우에는 그 작업이 수 주일이나 걸릴 수 있기 때문에 제품 출시도 그만큼 늦어지고 수익 창출 기회도 그만큼 잃어버리는 결과를 빚게 됩니다.

따라서 출시 기간 지연과 판매 수익 손실을 얼마나 줄일 수 있느냐는 적합성 테스트 통과를 위한 철저한 준비에 좌지우지된다고 할 수 있습니다. 많은 기업들이 이 사실을 깨닫고서는 첫 번째 시도에 적합성 테스트를 빨리 통과할 수 있도록 하기 위해 충분한 사전 적합성 테스트를 하는 데 시간과 비용을 투자합니다. 막상 적합성 테스트 실험실에 가서야 해당 설계에 어떤 문제가 있는 것으로 발견되는 것보다는 그 전에 회사 내부에서 충분히 설계를 검토하고 검증하여 문제를 발견하는 것이 훨씬 적은 비용을 치르기 때문입니다. 효율적인 사전 적합성 테스트 장비를 사용하면 몇 일 정도의 테스트 기간이 있으면 되므로 수 주일이 걸리던 데 비하면 많은 시간과 기회 비용을 절약할 수 있습니다.

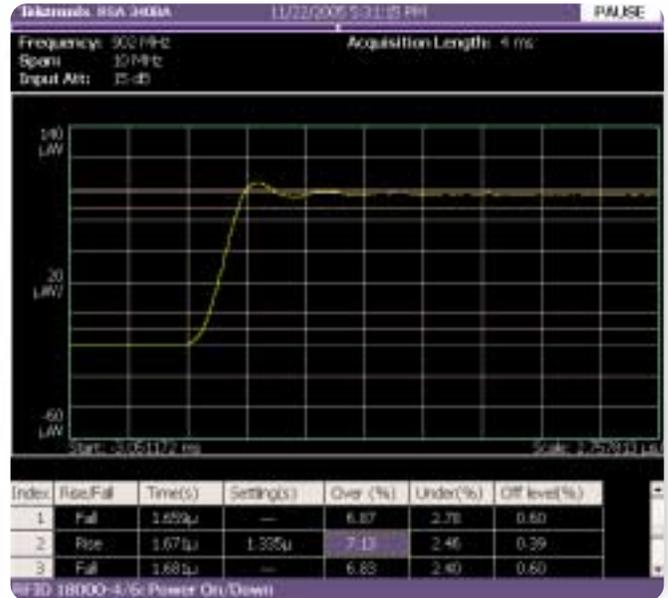
## 실시간 스펙트럼 분석기를 이용한 RFID 및 NFC 측정

### ▶ 응용 자료



인증된 테스트 실험실에서는 통상적으로 사용자 정의 자동 테스트 시스템으로 적합성 테스트를 수행합니다. 적합성 테스트가 일반적인 개발 테스트보다 훨씬 더 철저한 경우가 많습니다. 대부분의 엔지니어에게 있어 자신의 설계를 철저하게 테스트하는 데 필요한 시간은 측정 작업 속도가 곤란할 정도로 느리다면 타당성이 없을 수도 있습니다. 바로 이 점에 있어 RSA3408A가 엔지니어에게 탁월한 사전 적합성 테스트 상의 이점을 제공할 수 있습니다.

RSA3408A의 고유한 RFID 측정 소프트웨어를 사용하면 수많은 중요한 산업 표준 사양 요구 사항을 빠르게 특성화할 수 있습니다. 내장된 표 형식의 데이터 디스플레이를 통해 엔지니어는 적합성 문제를 빠르게 검색할 수 있습니다. 전통적인 테스트 장비를 사용하는 경우에는 많은 측정 작업을 수행하려면 너무나 많은 노동력이 소요되므로 현실적 여건



▶ 그림 16. . Setting time과 같은 사전 적합성 측정을 하면 인터로게이터가 첫 시도에 적합성 테스트에 합격할 수 있도록 하는 데 큰 도움이 됩니다.

상 몇몇 부분만 점검하는 선에서 테스트할 수 있을 뿐입니다. 하지만 RSA3408A를 사용하면 빠른 속도로 측정 작업을 수행할 수 있기 때문에 엔지니어가 철저하게 이뤄지는 적합성 테스트를 대비하여 훨씬 더 실제 테스트에 가깝게 테스트 결과를 근사화할 수 있습니다.

살펴본 바와 같이, 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 RFID 측정 소프트웨어를 사용하면 버튼 하나만 설정하여 편리하게 대부분의 중요한 RF 측정 작업을 수행할 수 있습니다. 여러 가지 다양한 사양을 빠르게 다시 점검할 수 있는 능력이 있으므로 실제 적합성 테스트 중에 갑작스러운 돌발 변수에 의해 테스트에 실패할 가능성이 줄어듭니다.

예를 들어 다양한 조건에서 신중하게 사전 적합성 측정을 수행하여 인터로게이터의 데이터 버스트 파워 온, 파워 다운 및 RF 엔빌로프 리플을 테스트하면 인증 중에 발생할 수 있는 문제를 피하는 데 도움이 됩니다.

RSA3408A를 사전 적합성 측정 도구로 사용하면 사전 적합성 및 적합성 테스트에 사용되는 측정 장비 간에 측정 알고리즘 오류가 발생할 가능성을 없앨 수 있습니다. RSA3408A는 테스트 산업 최초의 전용 RFID 측정 솔루션을 제공하는 데 있어 확고한 리더십을 유지하고 있으며 그 덕분에 각종 적합성 테스트 실험실을 포함한 다양한 RFID 전문가들로부터 빠른 속도로 채택되어 왔습니다. RFID 제품의 많은 측정 작업을 무리 없이 수행해내는 RSA3408A를 사용하여 성공적으로 적합성 인증을 마칠 수 있는 매우 좋은 기회가 있습니다.

적합성 테스트 중에 어떤 문제가 발생하는 경우 쉽게 휴대하고 다닐 수 있는 싱글 박스형 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)를 보유하고 있다면 빠르게 회로 문제를 해결할 수 있습니다. 어떤 적합성 실패 조건이 알려지면 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)의 다중 영역 시간 상관 분석 기능을 이용해 해당 실패의 근본 원인을 추적하는 데 필요한 정보를 얻을 수 있습니다. RSA3408A를 사용하면 이런 문제를 재빨리 식별할 수 있으므로 적합성 테스트 합격을 위해 공들인 노력이 헛되지 않을 것입니다. RSA3408A를 사용하면 구식의 비효율적인 테스트 장비를 사용할 때 발생할 수 있는 문제를 예방할 수 있습니다.

## 결론

RFID 산업에는 매우 다양한 기술과 애플리케이션이 통용되고 있으며 그 중 많은 것이 전형적인 통신 링크와는 다릅니다. 최근에 등장한 RFID 표준에서는 잘 쓰지 않는 인코딩 및 강력한 충돌 방지 프로토콜이 포함된 ASK 변조로 구성된 과도 Half-Duplex RF 버스트를 가진 정교한 FHSS 신호가 요구됩니다.

복잡하고 정교한 측정 설정에 대한 필요성을 줄이고 쉽사리 진단 정보를 얻기 위한 사용자 인터페이스를 단순화하기 위해 테크트로닉스는 RFID 분석 소프트웨어가 포함된 RSA3408A 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)를 출시했습니다.

최초의 종합적인 RFID 분석 소프트웨어 패키지를 갖춘 이 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 다양한 국제 RFID 표준을 지원합니다. 이런 능력 덕분에 개발 진단, 사전 적합성 테스트 및 생산 체크아웃 속도가 매우 빨라졌습니다. 더욱이 RFID 분석 패키지는 시간 상관 다중 영역 측정을 완벽히 지원하여 문제해결 평가 신뢰도를 높입니다.

지원되는 각각의 형식에 필요한 심벌 디코딩 뿐만 아니라 DSB-ASK, SSB-ASK 및 PR-ASK를 복조해야 하는 측정 표준에서 이제는 RSA3408A에서와 같은 원 버튼 측정 기능과 같은 편리한 기능을 기본으로 요구합니다. 이 기능이 엔지니어링 생산성을 대폭 향상시키는 동시에 그만큼 출시 기간도 앞당겨주기 때문입니다. 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)를 사용하면 종래의 스위프 스펙트럼 분석기나 벡터 신호 분석기에서는 수행하지 못하거나 수행 가능하더라도 복잡하고 시간도 많이 걸리는 테스트 설정이 필요한 RFID 측정을 수행할 수 있습니다.

개발 문제를 디버그하든, 정부의 스펙트럼 규정을 만족시키는 것이든 또는 사전 적합성 테스트를 염두에 두고 제품 인증을 준비하는 것이든 상관없이, 실시간 스펙트럼 분석기(RTSA)는 인테리게이터와 태그에 의해 생성된 RFID 신호를 분석하기에 더 없이 알맞은 솔루션입니다.

## 텍트로닉스 연락처:

동남아시아/대양주/파키스탄 (65) 6356 3900

오스트리아 +41 52 675 3777

발칸, 이스라엘, 남아프리카 및 다른 ISE 국가들 +41 52 675 3777

벨기에 07 81 60166

브라질 및 남미 55 (11) 3741-8360

캐나다 1 (800) 661-5625

중앙동유럽, 우크라이나 및 발트국 +41 52 675 3777

중앙 유럽 및 그리스 +41 52 675 3777

덴마크 +45 80 88 1401

핀란드 +41 52 675 3777

프랑스 및 북아프리카 +33 (0) 1 69 86 81 81

독일 +49 (221) 94 77 400

홍콩 (852) 2585-6688

인도 (91) 80-22275577

이태리 +39 (02) 25086 1

일본 81 (3) 6714-3010

룩셈부르크 +44(0) 1344 392400

멕시코, 중앙아메리카 및 카리브해 52 (55) 56666-333

중동, 아시아 및 북아프리카 +41 52 675 3777

네덜란드 090 02 021797

노르웨이 800 16098

중국 86 (10) 6235 1230

폴란드 +41 52 675 3777

포르투갈 80 08 12370

대한민국 82 (2) 528-5299

러시아 및 CIS 7 095 775 1064

남아프리카 +27 11 254 8360

스페인 (+34) 901 988 054

스웨덴 020 08 80371

스위스 +41 52 675 3777

대만 886 (2) 2722-9622

영국 및 아일랜드 +44 (0) 1344 392400

미국 1 (800) 426-2200

기타 지역: 1 (503) 627-7111

최종 갱신일 2005년 6월 15일

Tektronix는 최첨단 기술을 다루는 엔지니어를 지원하기 위해 응용 자료, 기술 문서 및 기타 리소스 등을 총 망라한 방대한 자료를 보유 관리하고 있으며 이를 계속 확장하고 있습니다. [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)을 참조하십시오.



Copyright © 2005, Tektronix, Inc. All rights reserved. 텍트로닉스 제품은 현재 등록되어 있거나 출원중인 미국 및 국제 특허의 보호를 받고 있습니다. 이 문서에 포함되어 있는 정보는 이전에 발행된 모든 자료에 실린 내용에 우선합니다. 사양이나 가격 정보는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TEKTRONIX 및 TEK은 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다. 본 문서에 인용된 다른 모든 상표는 해당 회사의 서비스 마크, 상표 또는 등록 상표입니다.

06/05 EA/WOW

37K-19258-0

**Tektronix**  
Enabling Innovation