

혼잡한 RF 스펙트럼 분석 위한 이정표

텍트로닉스, 실시간 분석 장비 발표 ... RF신호 환경 특성화 기대



디지털 RF는 과거에 비해 훨씬 더 빠른 속도로 'Wireless Everywhere' 욕구를 채워줄 기술이다. 우리는 디지털 기술이 무선 시스템에 접목되는 과정을 분명히 지켜봐 왔지만, 대부분의 경우 이러한 확장은 기존 아날로그 기술 중심으로 구성된 시스템에 점진적으로 추가되는 형태였다. 미래의 디지털 RF 장치와 시스템은 디지털 기술이 가져온 이점을 중심으로 최적화될 것이며, 디지털 세계의 모든 이점은 무선 세계에도 그대로 적용될 것이다. 디지털 세계에서 변화의 속도는 매우 빠르며, 예상되는 바로는 가격 대비 성능도 엄청나게 빠른 속도로 개선될 것으로 짐작된다.

디지털 RF 세계에서도 빠른 속도로 가격 대비 성능 개선은 이루어진다. 새로운 애플리케이션 지원을 위해 비용을 어떻게 줄일 수 있을지 RFID 기술을 통해 생각할 수 있다.

인텔리전스는 향상된 스펙트럼 활용도/간섭 차단, 개선된 정보 보안성 및 적은 전력 소모량 같은 세 가지 주요 분야에서 무선 통신의 전통적인 과제들을 해결하는 이점을 제공할 수 있다. 이러한 과제의 해결을 위해 디지털 RF에서 활용되고 있는 수 많은 기법들이 꽤 오랫동안 존재해왔지만, 이제는 극히 저가로 내장될 수 있어 사용자 장치와 시스템에서 폭 넓은 확산이 가능하다.

무선 스펙트럼은 넉넉하지 않은 자원이므로 스펙트럼 활용도를 향상시키는 것이 중요하다. 셀룰러 통신 산

업이 이 점을 분명히 말해준다. 얼마간 단순히 시간 다중 시스템이 보급됐지만, 디지털 RF 기술에 포함되어 있는 인텔리전스는 시스템/네트워크 설계자들이 다른 스펙트럼 사용자와 시간을 공유한다는 개념을 새로운 차원으로 끌어올릴 수 있도록 해준다.

같은 기법을 이용하는 시간 기반 스펙트럼 자원은 WLAN 및 Bluetooth 시스템이 전송 시간을 조정함으로써 동일한 주파수 대역을 사용할지라도 콤보 장치에 아무런 충돌 없이 공존할 수 있도록 하는 예가 된다. 더 복잡한 시스템들은 해당 환경을 조사하고, 사용자의 요구 사항을 이해하며, 언제, 어떻게, 어디에서 전송할 것인지 결정하기 위해 적응형 무선 기법들을 이용해 무선 시스템 작동을 제어한다.

다른 사용자들도 함께 같은 환경을 공유하기 때문에, 무선 세계에서는 보안성을 개선하는 것이 주요 관심사이다. 디지털 RF 기술의 인텔리전스는 이에 큰 이점을 제공한다.

전송은 필요할 때, 그리고 감지 및 인터셉트의 가능성을 크게 줄이기 위해 버스트 통신 시스템에서와 같이 실제 비트가 전송되는 동안에만 일어난다. 권한이 없는 수신자가 신호를 따라 디코딩할 수 없도록 신호 특성이 시간에 따라 변할 수 있다. 현재는 저렴한 비용으로 견고한 보안 대책을 포함시킬 수 있다.

엔드 유저들은 대체적으로 모바일 환경에 있으므로, 대부분의 무선 시스템에서는 전력 소비량이 중요한 요소이다. 디지털 RF 기술은 환경에 적응하는데 필요한 인텔리전스를 제공한다. 원하는 수신기에 도달하는 데 필요한 전력에 대한 이해를 발전시킴으로써, 장치는 대상 수신기에 도달하는 데 필요한 전송 전력만 사용한다. 시스템은 '대기 모드'에 머물 수 있으며, 필요할 때만 무선 장치를 작동시킴으로써 전력 소비량을 줄인다.

시간의 문제

RF 신호는 복합 변조를 활용하기 때문에 시간에 따라 상당한 신호 변화가 수반된다. 이는 단순히 반송파의 시간-주파수 관계에 대해 얘기하는 것이 아니라, 신호의 인텔리전스에 관련된 시간 변화를 말한다. 이러한 변화는 사용되는 변조 형식의 변화를 반영하는 것으로, 곧 신호가 새로운 주파수로 호핑하거나 짧은 버스트에서만 전송한다는 사실을 보여준다. 이러한 변화는 시스템이 제대로 작동하기 위해 정확한 시점에 발생해야 한다. 또한 오늘날의 RF 신호는 동시에 변하고 복잡한 변조를 수행하므로, 무작위 과도 상태, 간섭, 스위칭 이상 등과 같은 부작용을 유발하는 경우도 종종 있다.

이런 모든 현상의 공통적인 중요한 속성은 바로 시간이다. 이들은 모두 실시간으로 발생하는 주파수 영역 변화를 나타내며, 이러한 변화는 백만분의 일 초 단위, 또는 초나 분 단위 이상으로 더 오래 지속되기도 한다. 이전 세대의 RF 기술에서는 이런 것이 불가능했으나, 현재는 가능하다. 시간은 더 이상 간과할 수 없는 중심축이다.

도전에 직면한 RF 설계 엔지니어

RF 장치를 설계하고 문제를 해결, 제조 및 유지 보수하는 엔지니어들은 새롭게 등장하는 도전적 상황에 대처하기가 더 어려워졌다. 설계 주기는 점점 짧아지고, 디지털 RF 기술이 가져온 신호의 복잡성으로 설계 환경에 새로운 문제가 생기기 때문이다. 디지털 기술의 기초는 정확한 시점에 이벤트를 발생시키는 것이다. 이것은 일차적인 문제가 주파수 점유율을 통제하는 것이므로 RF 시스템의 기본과 결합된다. 디지털 RF 기술은 이런 결합을 유일하게 제공한다. 주파수 점유율은 반드시 제어되어야 하나, 신호의 특성에 영향을 미치는 이벤트는 정확한 시점에 발생해야 한다.

스펙트럼 분석기와 같은 전통적인 측정 기기는 또 다른 시대에 개발됐다. 역사적인 슈퍼헤테로다인 아날로그 무선 장치와 마찬가지로, 이들은 관심의 대상이 되는 대역에 걸쳐 협대역 수신기를 조정하여 신호 전력 대 주파수 관계를 탐지한다.

이런 장비에 고유한 스위핑 아키텍처는 시간에 대해 신호 주파수의 변화를 특성화할 수 없음을 의미한다. 결과적으로, 설계자들이 신호 과도 현상을 특성화하기 위해 여러 기기를 조합하여 조립하고 장치에 특수한 테스트 모드를 설계함

으로써, 테스트 셋업은 점점 복잡해지고 다양한 문제 또한 일어난다. 특성을 분석하기 위해 VSA(벡터 신호 분석기)를 사용해 전통적인 스펙트럼 분석기를 보완해 보지만, VSA는 다이내믹 레인지와 시간에 따른 신호 변화를 완전히 특성화하는 능력이 부족하다. 또한 테스트 시나리오에는 특정한 측정 문제를 해결하기 위해 맞춤형으로 설계된 테스트 장비가 포함된다. 이런 테스트 셋업은 비용과 시간이 많이 들며, 과도 조건을 놓쳐 결국 시스템이나 네트워크 장애를 일으켜 다운이 될 수 있다. 시스템이 실제로 엔드 유저 사이트에 배치된 후에 이런 오류가 감지된다면, 교정 조치에 드는 비용은 어마어마한 액수가 될 수도 있다.

기술의 변화와 함께, 시간에 따라 변화하는 최근 신호의 본질을 반영하는 톨도 요구되고 있다. 엔지니어들은 예측 불가능한 이벤트를 트리거하여 원활하게 포착, 시간 경과를 나타내는 누적 데이터를 분석할 수 있는 실시간 RF 장치를 필요로 한다. 실시간 RF 장치는 설계 시간을 상당히 단축시켜 테스트 셋업에 드는 비용과 최종 장치의 특수 모드에 드는 비용을 모두 절감할 수 있다. 또 이 장치는 엔지니어들이 문제를 조기에 포착해, 실제 사용 시 사용자에게 돌아갈 이익을 감소시키거나, 극단적인 경우 네트워크 전체를 다운시키는 결과를 낳게 되는 잠재적인 결함에 의한 재앙을 피하도록 해준다.

새로운 RTSA(실시간 스펙트럼 분석기)를 사용하면 모든 종류의 RF 신호를 처리할 수 있다. 전통적인 스위프 스펙트럼 분석기와는 달리, 첨단 RTSA는 견고한 실시간 대역폭과 고속 디지털 신호 처리 기법을 사용, 관심의 대상이 되는 신호를 완벽하게 분석해낸다. 이러한 신호들이 더욱 복잡해져 예측 가능성이 떨어지기 때문에, RTSA만이 트리거링, 포착 및 분석 기능을 제공하여 설계자가 주파수 호핑에서 EMI 과도 상태에 이르기까지, 시간에 따라 변화하는 신호의 거동을 이해하는 데 도움을 준다.

트리거, 포착, 분석

탁월한 성능을 자랑하는 RTSA는 주파수와 시간 영역 모두에서 RF 이벤트를 포착하기 위해 강력한 내부 트리거 기능을 제공한다. 이 트리거는 RF 신호에 대한 완벽한 시간 기록을 메모리로 포착, 심층 분석을 할 수 있는 능력을 제공한다.

첫 번째로는 Power Trigger(파워 트리거) 기능으로, 분석

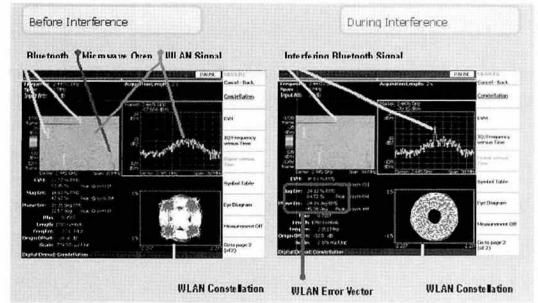
기간 의 모든 신호의 총 파워가 사용자 설정 경계 넘을 때마다 포착할 수 있도록 한다. 둘째로 Frequency Mask Trigger(주파수 마스크 트리거)를 제공하여 신호 주파수, 진폭 또는 대역폭에 뚜렷한 변화가 발생하거나 주어진 주파수에서 신호가 나타나거나 사라질 때 신호를 포착한다.

문제가 있는 신호는 한 시간에 한 번 또는 심지어 하루에 한 번 정도만 나타나기 때문에 첨단 RTSA는 분석하고자 하는 스펙트럼을 지속적으로 모니터링하다가 사용자가 설정한 트리거 기준이 충족될 때에만 획득하는 연속 트리거 모드를 제공한다. 일단 트리거되면 분석기는 스펙트럼을 메모리에 캡처, 시간을 기록한 후 새로운 셋업 환경에서 이벤트가 다시 발생할 경우 다시 트리거한다. 이는 메모리에 연관된 정보만을 저장함으로써 캡처 메모리를 효율적으로 사용할 수 있도록 하고, 사용자가 계속해서 장치를 지켜보고 있지 않아도 과도적 이벤트를 포착할 수 있게 해준다.

시간 및 주파수 영역에 있는 특정 이벤트를 바탕으로 동적 신호와 과도 신호에 대해 쉽게 트리거할 수 있는 고유한 능력을 활용해, RTSA를 사용하는 엔지니어는 단발 신호 이벤트나 복잡한 이벤트 시퀀스를 바로 식별 및 획득하여 그것을 분석기의 메모리에 기록할 수 있다.

이 분석기는 신호의 실시간 움직임을 빈틈없이 기록해 상당수의 강력한 분석 툴을 지원한다. RTSA는 주파수 및 전력 대 시간의 관계를 나타내는 스펙트로그램 디스플레이를 제공한다. 주파수, 시간 및 변조 영역은 시간 연관성을 갖는 디스플레이에 모두 표시되며, 스펙트로그램은 장시간의 신호를 요약, 기존 주파수 영역 디스플레이로는 파악할 수 없던 시간에 따라 변화하는 신호 활동을 직관적, 3차원적으로 해석할 수 있게 한다.

RTSA를 이용해 사용자는 포착된 시간 기록을 통해 커서를 움직여 분석 포인트를 제어할 수 있다. 이 스펙트로그램(그림의 화면 왼쪽 위)을 보면 수평축과 수직축 상의 시간에 나타나는 주파수로 전체 보기를 할 수 있다. 신호 전력은 색을 이용해 표시되는데, 색상이 밝을



수록 전력이 더 높다는 뜻이다.

왼쪽에 있는 스크린 샷에서는, 주파수 호핑(블루투스) 신호와 함께 WLAN 신호를 볼 수 있다. 또한 가까이에 있는 전자 레인지로부터의 누출 에너지도 표시된다. 이 시점에서 커서를 이용하면 WLAN 링크가 제대로 작동한다. KWLAN 신호의 스펙트럼은 적절한 신호 동기화와 훌륭한 EVM 성능을 표시하는 컨스틸레이션 다이어그램과 함께 표시된다.

오른쪽에 있는 스크린 샷에서는 시간에 맞춰 커서가 약간 앞으로 움직인 것이 보인다. 이 시점에서 블루투스 신호는 WLAN 신호의 바로 위로 호핑한 것이다. 이것은 WLAN 신호의 스펙트럼에서 신호 피크로 볼 수 있다. 이 블루투스 신호는 WLAN 신호를 더 이상 디코딩할 수 없도록 WLAN 신호를 간섭한다. 최종 결과로 나타나는 컨스틸레이션 다이어그램에는 동기화 손실이 표시된다. 그러면 앤드 유저가 WLAN 신호의 손실을 겪게 되고, 아마도 블루투스 신호도 잃어버리게 될 것이다.

위의 예에서 나타나는 바와 같이, 시간에 따른 평균값을 나타내는 주파수 스펙트럼을 간단히 살펴봐서는 오늘날의 RF 신호 환경을 특성화하기에 더 이상 충분치 않다. 신호 환경에서 일어나는 현상을 완벽히 이해하기 위해서는 시간 차원이 필요하다. 무선 전화, 무선 게임 컨트롤러, 심지어는 HVAC 제어 시스템까지도 위에서 설명한 장치와 스펙트럼을 놓고 점점 더 심한 경쟁을 벌이게 될 것이다. 앞으로 어디서든 무선 장치를 사용할 수 있게 됨에 따라, 미래에 이 시나리오는 훨씬 더 복잡해질 것이다. [K]

글 | Rick King 텍트로닉스 부사장