

## 키(key) 없는 출입시스템(스마트키)에 대한 RIGOL 의 ASK/FSK 시험 시스템

RIGOL 테크놀로지는 패시브 키 없는 출입시스템 테스트에 대한 응용을 스펙트럼분석기 DSA800 시리즈로 사용 가능하게 하였다.

RIGOL의 테스트 시스템은 아주 사용하기 편리하며 시장에 출시한 다른 장비들에 비하여 아주 저렴하게 공급하게 되었다.

Passive Keyless Entry[PKE]통신은 기계적인 열쇠 없이 자동차나 빌딩 건물의 문을 여는데 사용되는 전자 잠금 시스템(스마트 키 시스템)이다. 이 잠금 시스템 장치(예,차)는 주기적인 신호를 주변으로 보내서 활성화 되는 패시브 key(스마트키)와 연동한다. 가장 일반적인 예가 자동차에서 키(key) 없는 출입 시스템이다.

자동차는 항상 저주파[LF]신호 (약 133kHz)를 주변으로 보낸다. 만일 정확한 키가 자동차에 근접하면(1.5~5m) 키(key)는 LF신호를 인식하고 ASK혹은 FSK변조신호(UHF<sup>1</sup>)를 가진 정확한 ID를 회신한다. 차에 문이 열면 잠금 해제 된다. 또한 어떤 키들은 자동차를 시동하고 운전실 캡 혹은 뒷트렁크를 열수도 있는 키가 있다. 사용되는 주파수는 지역에 따라 다르다. 433MHz의 반송파를 가진 ISM<sup>2</sup> 밴드폭은 유럽에서 주로 사용된다. 때로는 868Mhz의 반송파를 사용하기도 하나 ISM대역은 아니다. 미국과 일본은 315MHz 대역을 주로 사용한다.

두 가지의 순서<sup>3</sup>:

1) 자동차는 짧은 기상(wake up)신호를 가진 LF신호 전송

- 정해진 시간(구간)에서 자동차는 짧은 정보를 가진 LF신호(Wake up 신호) 전송
- 스마트키가 자동차에 가까워지면, 키는 자동차에 인식정보(UHF)를 전송
- 키와 자동차는 ID체크와 함께 데이터 통신 시작
- 자동차는 ID를 키로 전송, ID가 정확하면 키는 정확한 키코드를 전송하며 ,정확 한 경우 차의 문을 열수 있다.

2) 자동차가 자동차 ID와 같이 LF신호를 전송

- 정해진 시간(구간)에서 자동차는 자동차 ID정보와 LF신호 전송
- 스마트키가 자동차에 가까워지면, ID가 정확하면 , ID가 정확하면 키는 정확한 키코드를 전송하며 ,정확 한 경우 차의 문을 열수 있다.

---

주석)

1 UHF : Ultra high Frequency (300MHz to 1GHz)

2 ISM : industrial Scientific and medical Band (2.4Ghz ~ 2.5Ghz Wifi)

3 Source :Relay Attacks on passive keyless Entry and start systems in modern cars

## FSK\_ Frequency Shift Keying (주파수 편이 변조)

FSK는 디지털 변조 형식이다. 편이 변조 원리는 디지털신호를 반송파에 변조하여 변화량은 본질적으로 분리하게 된다. 기본 형식은 2FSK이다, 자동차 혹은 타이어 압력 감시 시스템과 같은 스마트키 시스템에서 주로 2FSK가 사용된다. 가장 간단한 2FSK 변조는 두개의 디지털 상태 "0"과"1" (심볼당 1비트의 2FSK)는 두개의 서로 다른 주파수를 전송하게 된다.

이러한 두 주파수는 반송파 주파수로 변조되어, 반송파로부터 양쪽으로 같은 이격 주파수를 가지고 있다. 아날로그 주파수 변조(FM)와의 차이점은 두 전송 주파수는 바이너리 데이터리듬으로 변한다. FM주파수는 아날로그 변조 주파수에 의하여 변화된다.

반송파에 양쪽 주파수 이격 주파수는 FSK deviation(편차)로 정의한다.

- FSK deviation =  $\Delta f$
- F carrier  $\pm \Delta f$

예를 들면 :

2FSK with  $\Delta f = 40\text{kHz}$ , F carrier =866MHz 의 그림1은 아래 참조

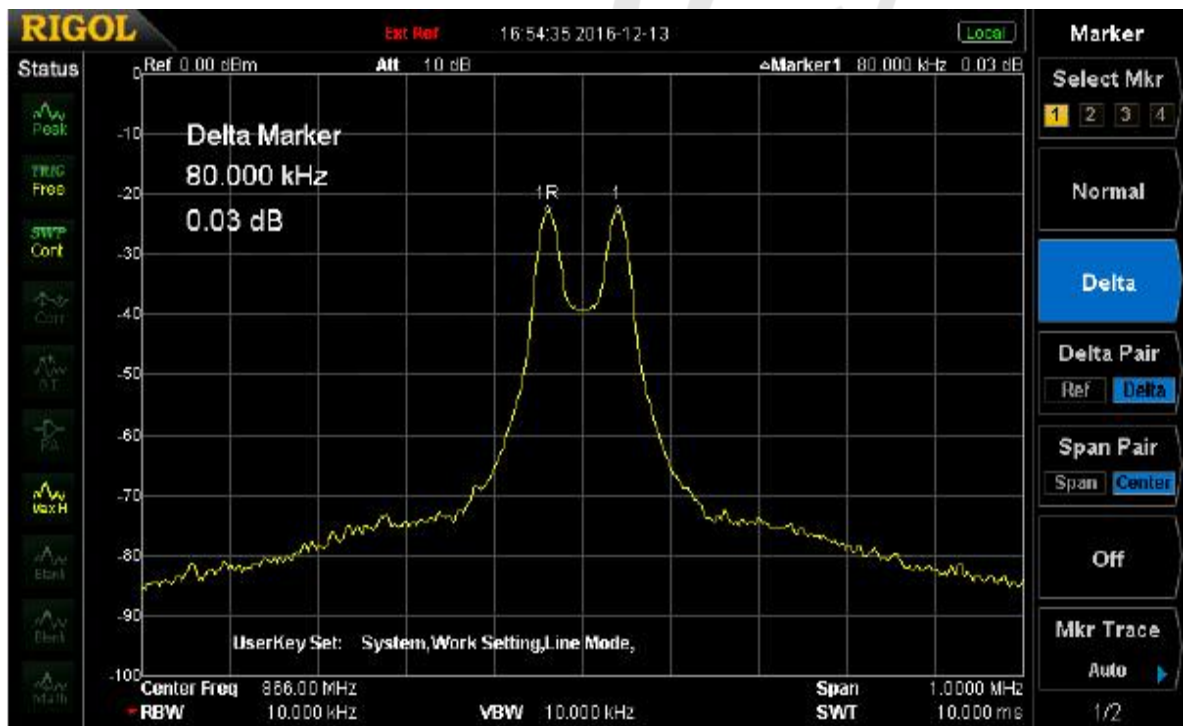


그림 1 : 2FSK with deviation 40kHz, F carrier =866MHz, with DSA832E

양쪽 주파수의 주파수 편차는 80kHz;

$$F_{\max} = F_{\text{carrier}} + \Delta f = 866\text{MHz} + 40\text{kHz}$$

$$F_{\min} = F_{\text{carrier}} - \Delta f = 866\text{MHz} - 40\text{kHz}$$

$$F_{\max} - F_{\min} = 80\text{kHz}$$

주파수 편이(shift)는 2 x FSK 편차(deviation) :

$$\Delta(f_2-f_1)=2x\Delta f$$

2FSK 신호의 배열도(constellation)는 그림 2참조

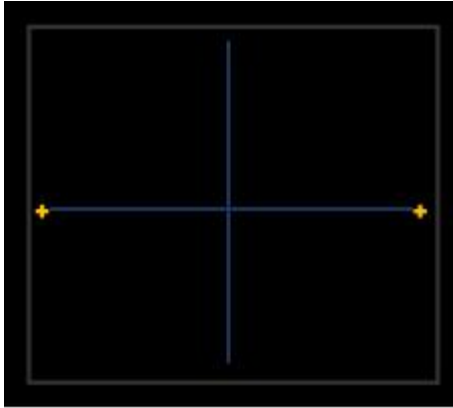


그림 2 : 2FSK의 배열도 , 반송파 주파수는 가운데임

그림 3과 4는 다른 종류의 중요한 측정을 보여주었다.

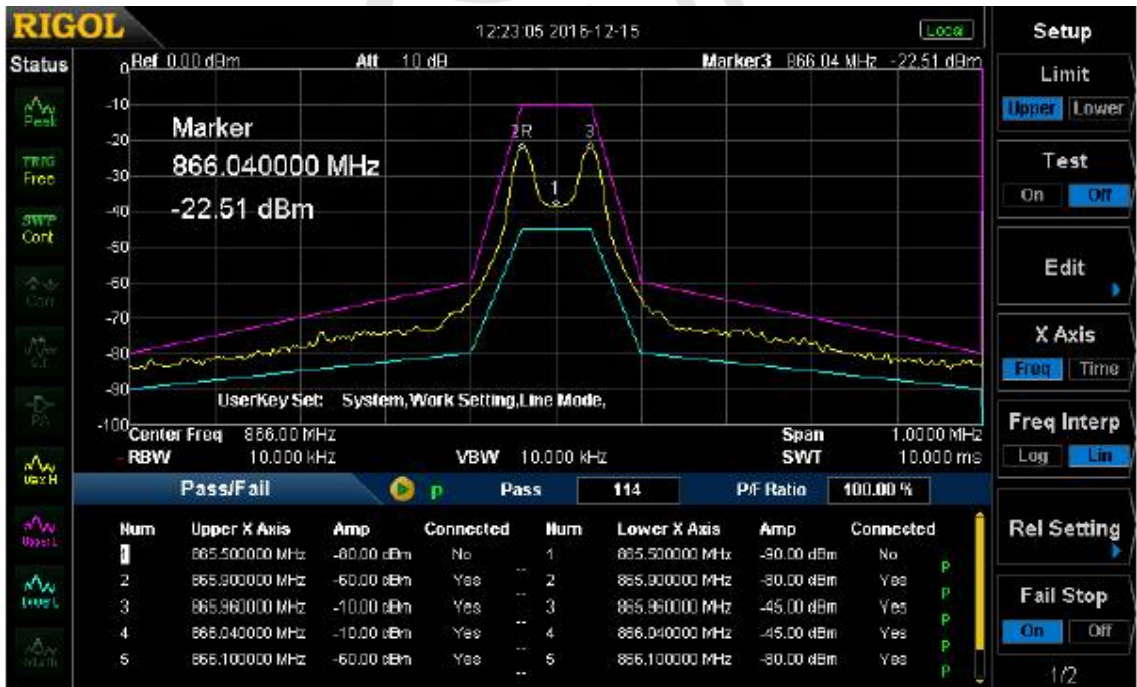


그림 3 : 커브 분석에 대한 Pass/Fail 마스크(mask)

- 신호는 사용자 지정 Pass/fail 커브보다 높아서는 안 된다  
(테스트는 DSA832,832E,875 로 가능)

- 두 주파수에 대한 절대 파워(Absolute power)의 분석 (그림 4: 마커 2R, 3D)
- 반송파(Carrier) 오프셋 정보는 마커 기능으로 확인 가능(그림4, 마커 1D)
- 두 주파수에 대한 파워값 차이(Difference power)의 측정 (그림 4: 마커 2R, 2D)

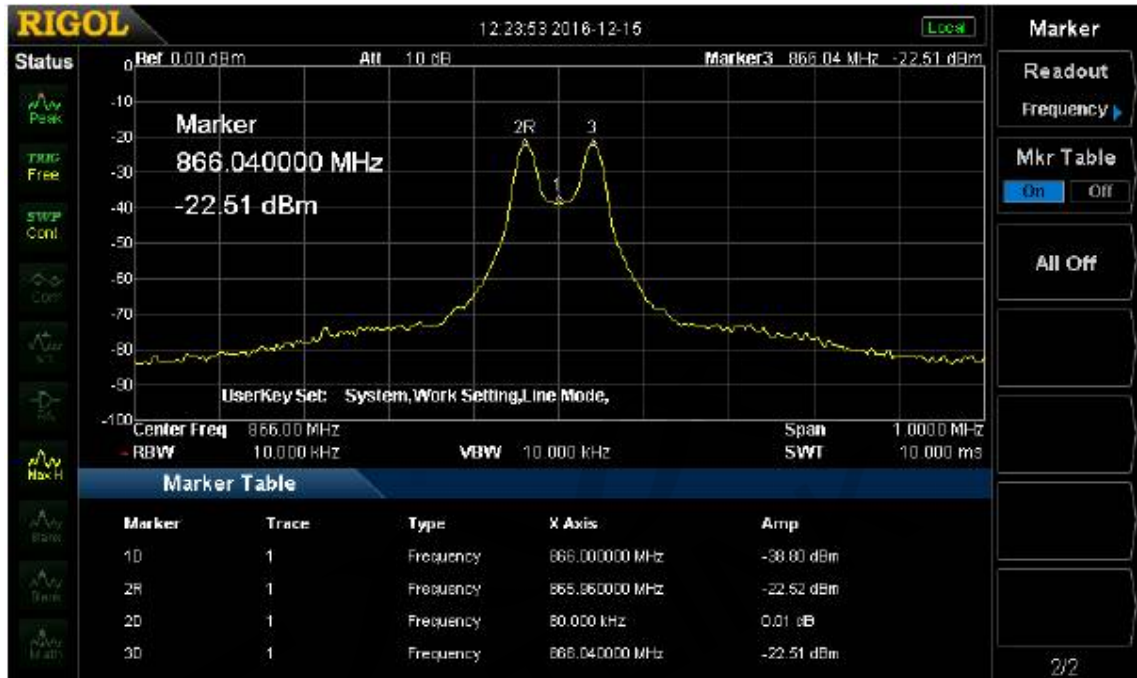


그림 4 : 2FSK 신호 측정 값(마커 table 확인)

또 다른 측정은 점유대역폭(OCP) 분석이다. OCP 측정은 신호의 99%를 점유하고 있는 주파수 범위를 말한다. 반송파는 이 주파수 범위의 가운데에 있으며(그림 5 참조),

OCP 는 DSA800-AMK (옵션) 으로 측정 할 수 있다.

2FSK에 대한 OCP 계산은 :

- $OCP_{BW} = \text{Data rate} + 2 \times \Delta F$

예를 들면; 10k Symbols/sec, frequency deviation : 40kHz

- $OCP_{BW} = 10k \text{ Symbols/sec} + 2 \times 40KHz = 90kHz$

---

\* DSA800 Sweep time : 10msec, processing time=30~40ms, measure speed = 50ms

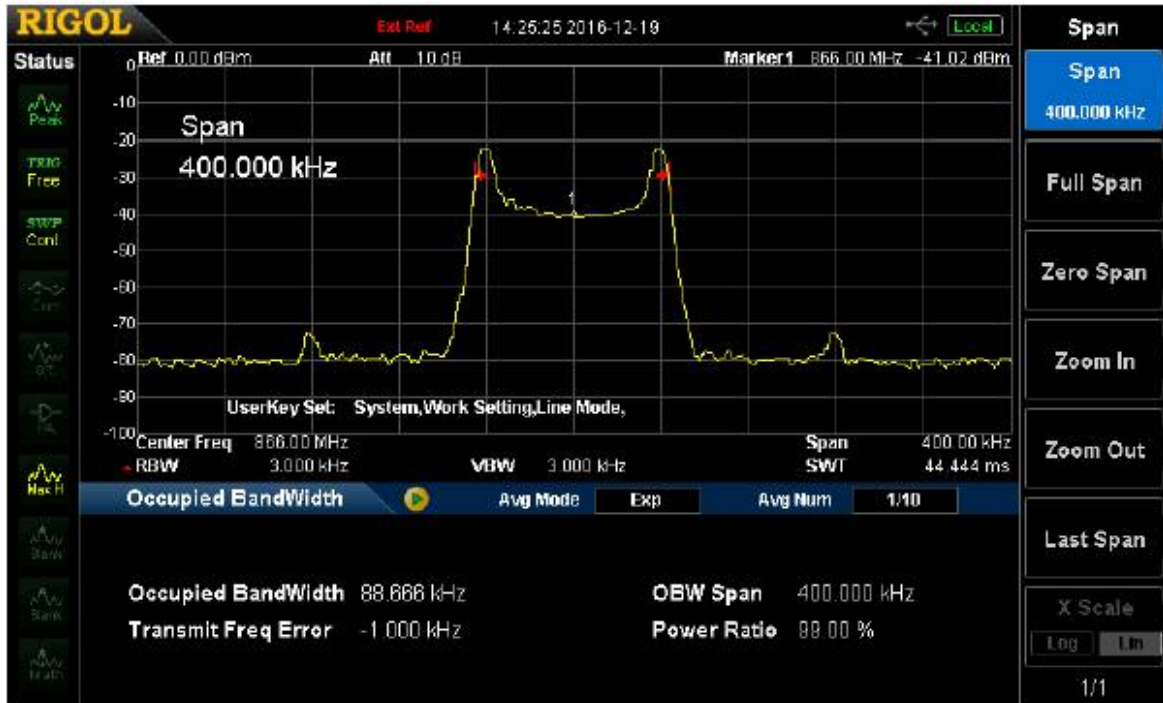


그림 5 : 2fsk신호의 점유대역폭(OCP) 측정

## FILTERING

필터링의 목적은 디지털 펄스는 동그란 곡선형태의 펄스형태를 순수한 형태의 신호를 만들어지게 하며 잡음 주파수를 줄이는 역할이다. RIGOL의 Ultra IQ Station은 다른 필터 형태를 선택이 가능하다. FSK변조에 대한 특별 가우스 필터는 전송하기 이전에 주파수 대역을 줄인다. 이러한 필터 처리 후 FSK변조의 필터링은 GFSK 변조를 형성한다.

이 소프트웨어에서는 롤오프(Roll off) factor ( $\alpha = B \cdot T$ ),와 임펄스 길이(한 개의 비트구간 펄스당 샘플양)와 오버샘플링(샘플이론보다 더 샘플링함)을 조정할 수 있다.

Gauss 특성은 그림 6에 나타내었다. 필터의 길이는 임펄스 길이와 오버샘플링 값이다.

Roll off factor  $\alpha$  계산 :

- Gauss 측정 주파수 대역 (@-3dB) = B
- 한 비트의 구간(duration) :  $T_{Bit}$

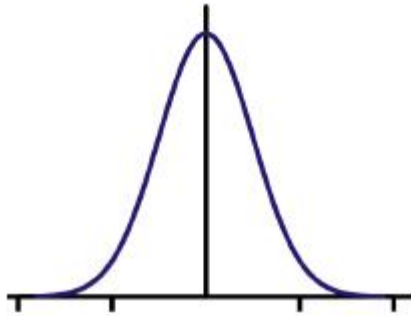


그림 6 Gauss 특성

2FSK 신호는 Ultra IQ station 을 사용하여 발생 가능하며

RF 신호발생기 (DSG3030IQ,DSG3060IQ) 에 다운 로드 가능하다.

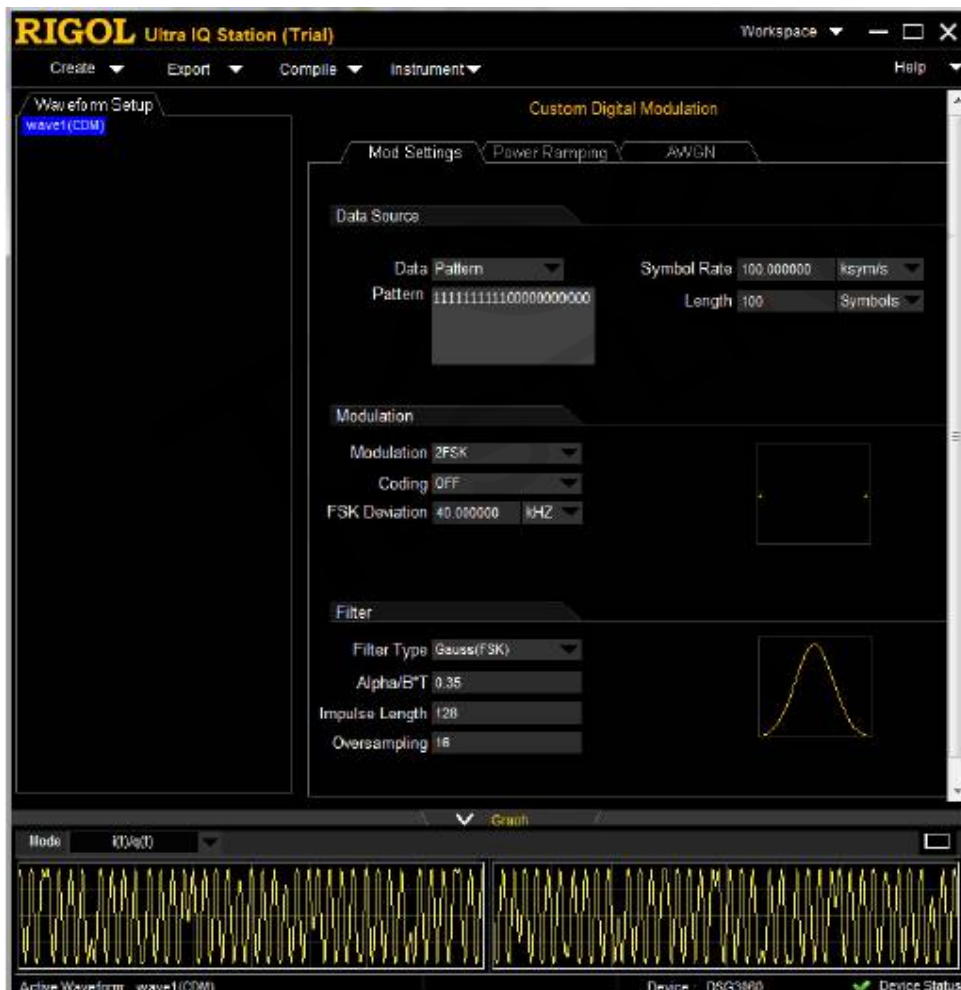


그림 7 : Ultra IQ station을 사용한 2FSK신호 발생

$$\text{Clock frequency} = \text{Oversampling Value} \times \text{symbol rate}$$

## 2FSK 복조 소프트웨어(demodulation software) S1220

RIGOL에서는 ASK/FSK복조 소프트웨어 S1220 을 옵션으로 제공한다.

DSA832와 DSA832E, DSA875에 사용 가능하며 ASK복조는 문서 끝에서 설명된다.

- 이 소프트웨어는 변조의 심볼 과형을 표시한다.
- Eye다이어그램을 분석 할 수 있다. 지터(Jitter) 영향을 분석하는데 유용하다.
- 특정 패턴을 기준(reference)로 설정 가능하며, 패턴이 전송 될 때 마다 노란색으로 표시된다.
- 반송파 파워, 주파수 편차, 반송파 주파수 오프셋등이 측정된다
- 맨체스터 코딩(Manchester Encoding)을 지원한다.
- 설정 데이터 호출 및 저장이 가능하다.

2FSK신호 조정은 그림 8에 보여준다.

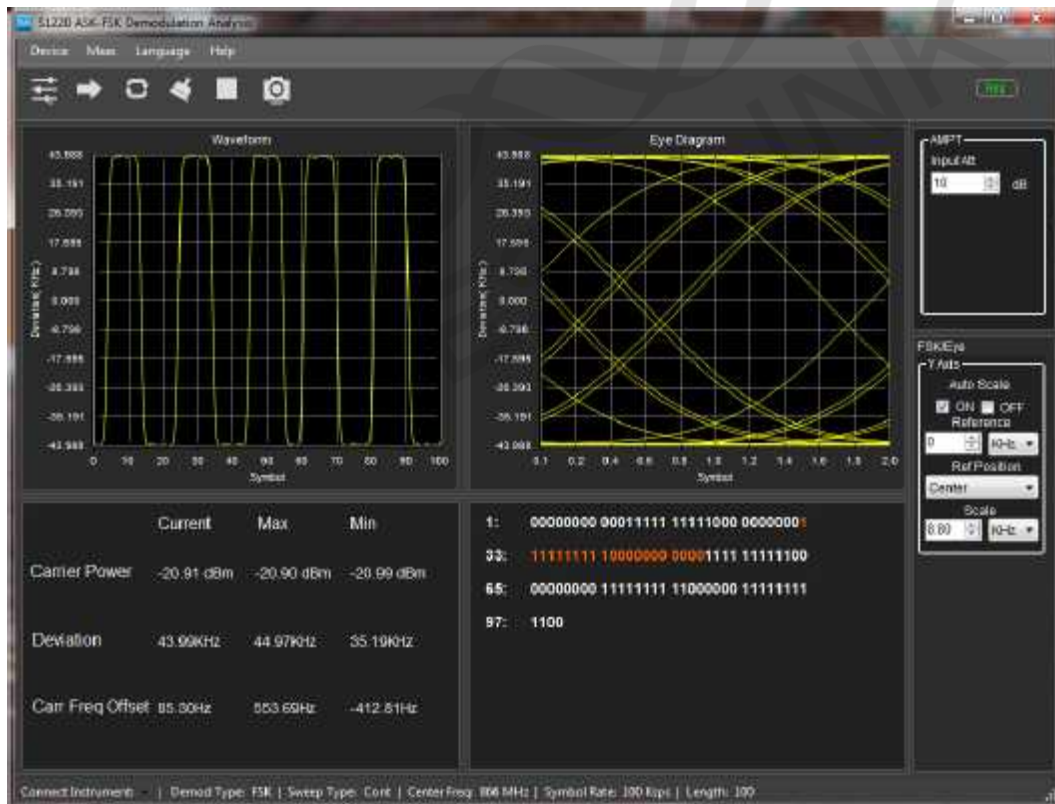


그림8 : 소프트웨어 S1220(ASK/FSK demodulation)

(주)스펙트럼은 DMA(FFT)모드로 설정된다, 이 때 DMA mode에서는 S1220으로 만 제어 가능함

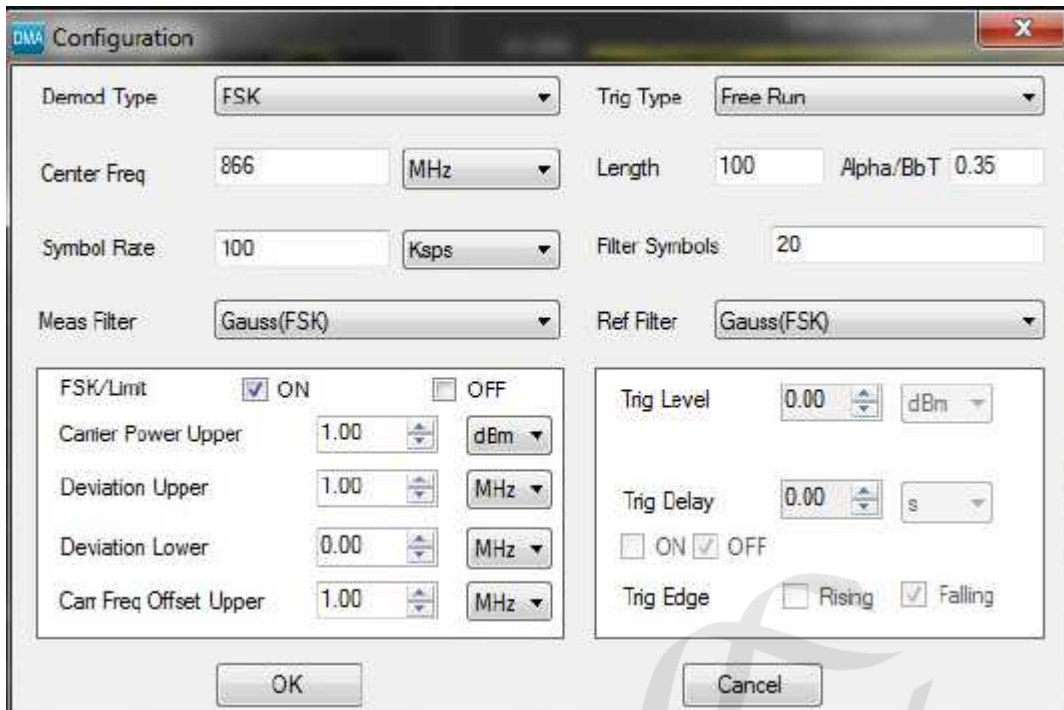


그림 9 : S1220에서 FSK 설정



**DSA815/DSA705/DSA710 을 이용한 FSK 측정은 (SSC-DSA)**

소프트웨어 S1220은 DSA832/DSA832E/DSA875에 사용하기 적정하다. DSA815/DSA705/DSA710의 측정 속도는 DSA832/875보다 떨어지므로 2FSK신호에 대한 측정 속도도 늦다.

이러한 문제를 해결 하기 위하여,새로운 옵션인 **Signal Seamless Capture(SSC-DSA)**를 제공한다. 빠른 포착 속도로 FFT 모드로 전환되며 서로 다른 3개의 2FSK신호까지 측정 가능하다.(그림10).

이 옵션은 다음의 3가지 특징이 있다.

- Real time Trace(RT trace)
- Maximum hold 기능
- 2FSK 신호 포착 분석(다음을 포함)
  - ◇연속 시험 및 Max hold 기능 병행 사용 가능
  - ◇Pass/Fail 측정 (limit line 설정 가능)
  - ◇두 개의 마크(mark)라인 활성화
  - ◇ 2FSK 신호에서 두 주파수, 진폭,주파수 편차,반송파 오프셋 측정

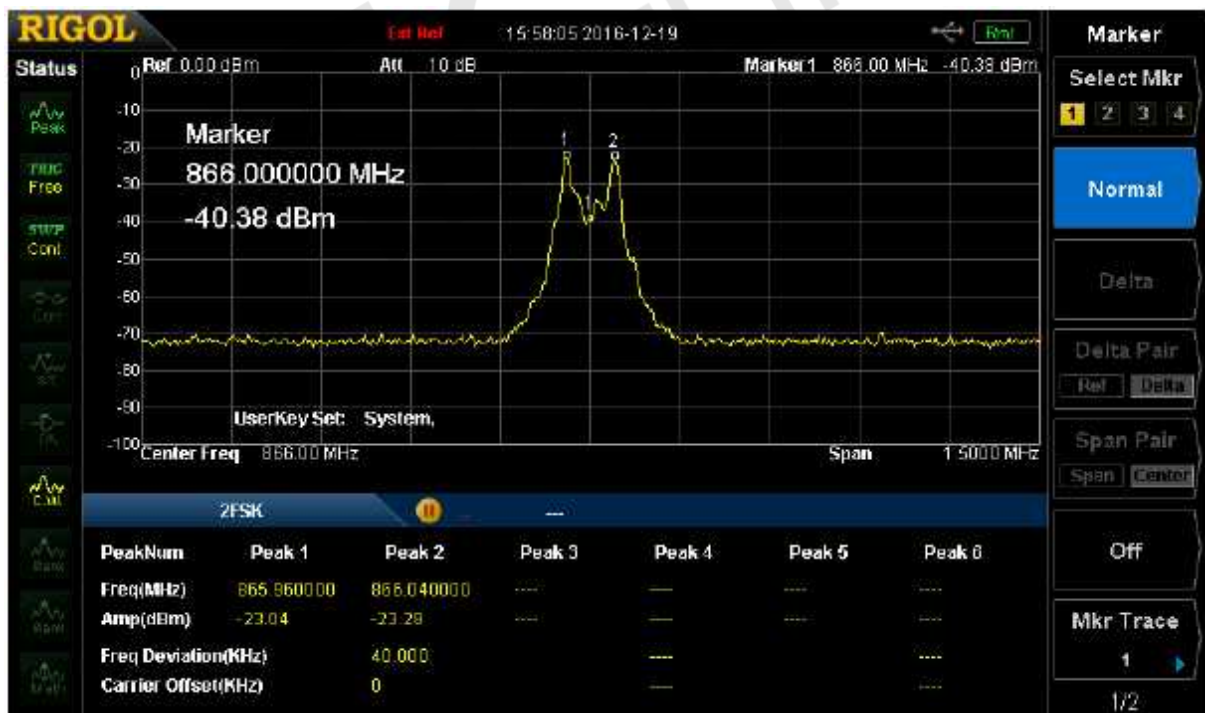


그림 10 : DSA815 와 SSC option을 이용한 2FSK측정

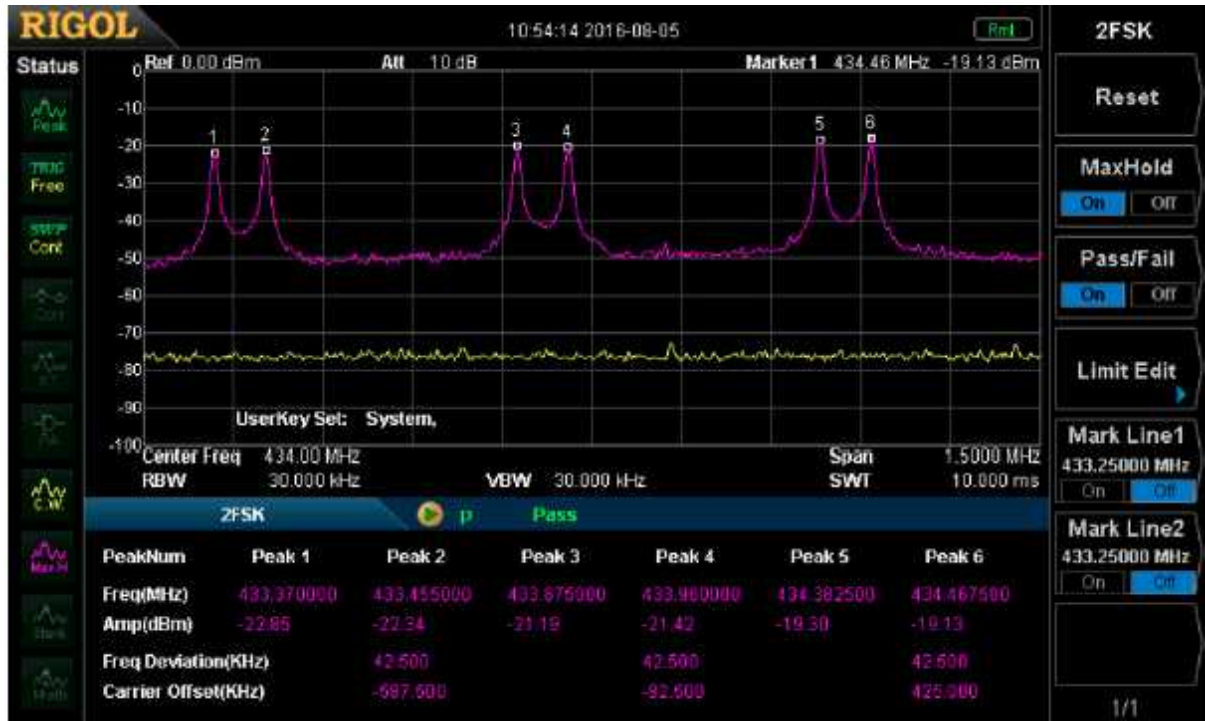


그림 11 : Max hold 측정으로 3개의 FSK 신호를 동시 측정

**ASK – 진폭 편이 변조(Amplitude Shift keying)**

ASK는 스마트키 혹은 라디오 표지 (beacon)에 사용되는 디지털 변조 형태이다. 간단한 형태로, 디지털 신호 “1” 혹은 “0” 문자는 반송파 주파수에 곱해진다. (그림 12 ~ 14) , On/Off keying은 ASK변조를 사용하는 스마트 키에 사용된다.

**On/Off Keying(OOK)**

- 반송파는 “1”이면 On, “0”이면 Off
- ASK변조는 100% (그림 14)



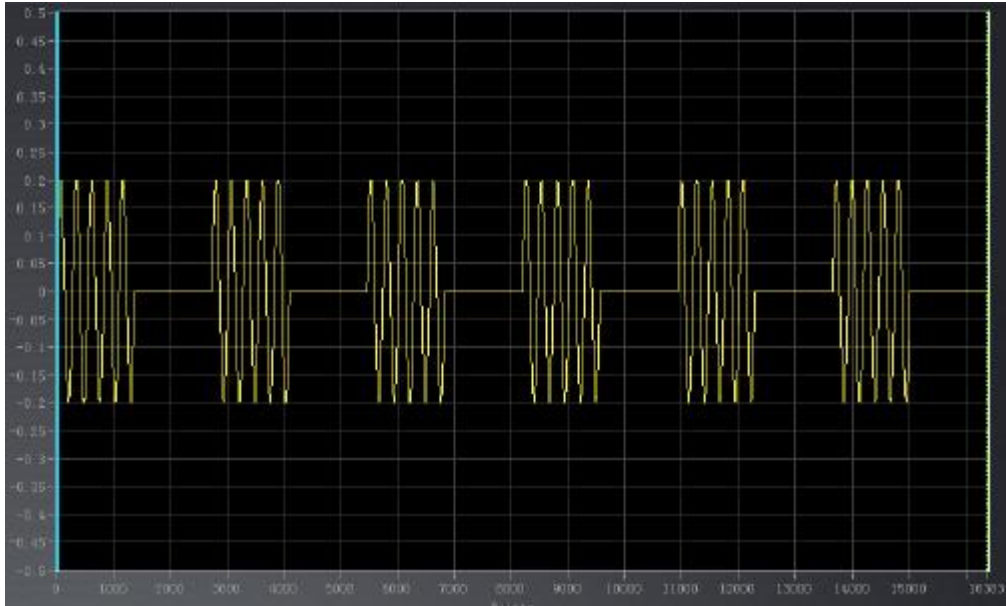


그림14 : ASK변조(digital signal x carrier)

ASK 는 상수 반송파로 전송되며, “0” 인 경우 “1”보다 낮은 주파수로 전송되게 된다.  
ASK변조는 10%(424kbps 전송속도의 NFC 인 경우)

ASK변조 지수의 계산은 다음과 같다 :

- $m = \frac{A-B}{A+B} \times 100$
- $m = 8 \sim 14\%$ 이면 ASK변조는  $\sim 10\%$
- 변조 깊이(depth)는  $B/A$



그림 15 : 10% 의 ASK변조

ASK대역폭  $B = 2 \times \text{Symbol rate}$

ASK 신호는 RF신호발생기 DSG3000의 옵션인 DSG3000-IQ와 Ultra IQ station (그림16)을 사용하여 출력한다.



그림 16 : ASK신호에 대한 Ultra station 설정

주파수 범위는 그림 17 참조. ASK스펙트럼은  $2 \times \text{Sample rate}$ 이다. 스펙트럼은 다른 신호라인을 보여주게 되는데 이는 변조형태의 On/Off CW신호만이 아니기 때문이다.

- 시간영역에서 Pulse는 주파수 영역에서  $\text{SI}(\text{Sinx } X/x)$ 기능
- 시간영역에서 상수(0101...) 펄스열(Pulse train)은 주파수영역에서 Dirac train(아주 적은 펄스 폭을 가진 펄스열과 같은)을 곱한 SI 기능
- 반송파와 곱한 결과는 반송파 주파수 이동으로 나타난다.

디지털 신호는 Zero span mode(그림 18)에 나타내었다. 시간 영역에서 펄스열(pulse train)은 이 모드에서 분석할 수 있다.

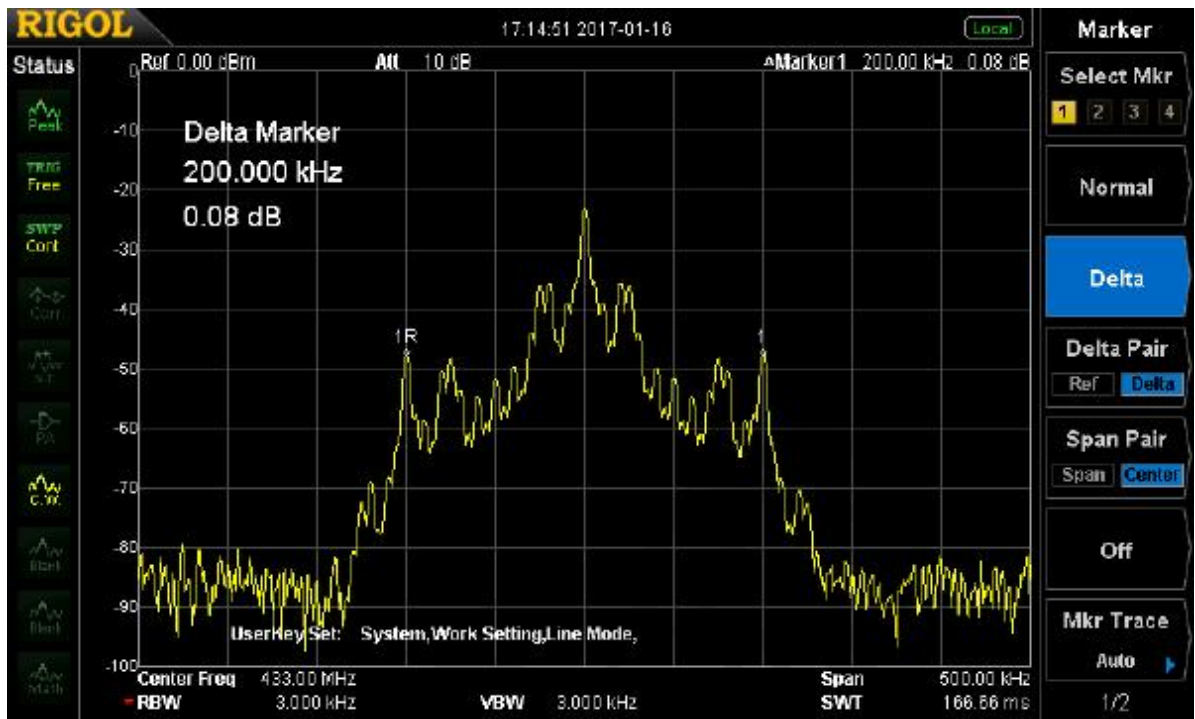


그림 17 : ASK스펙트럼

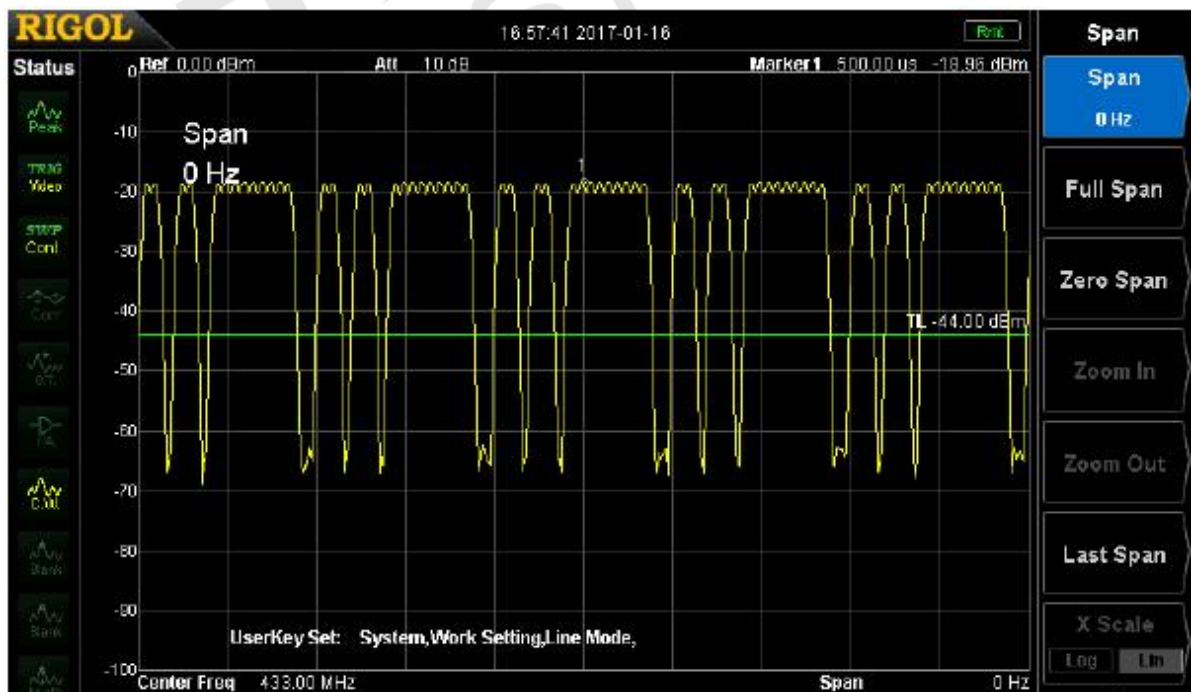
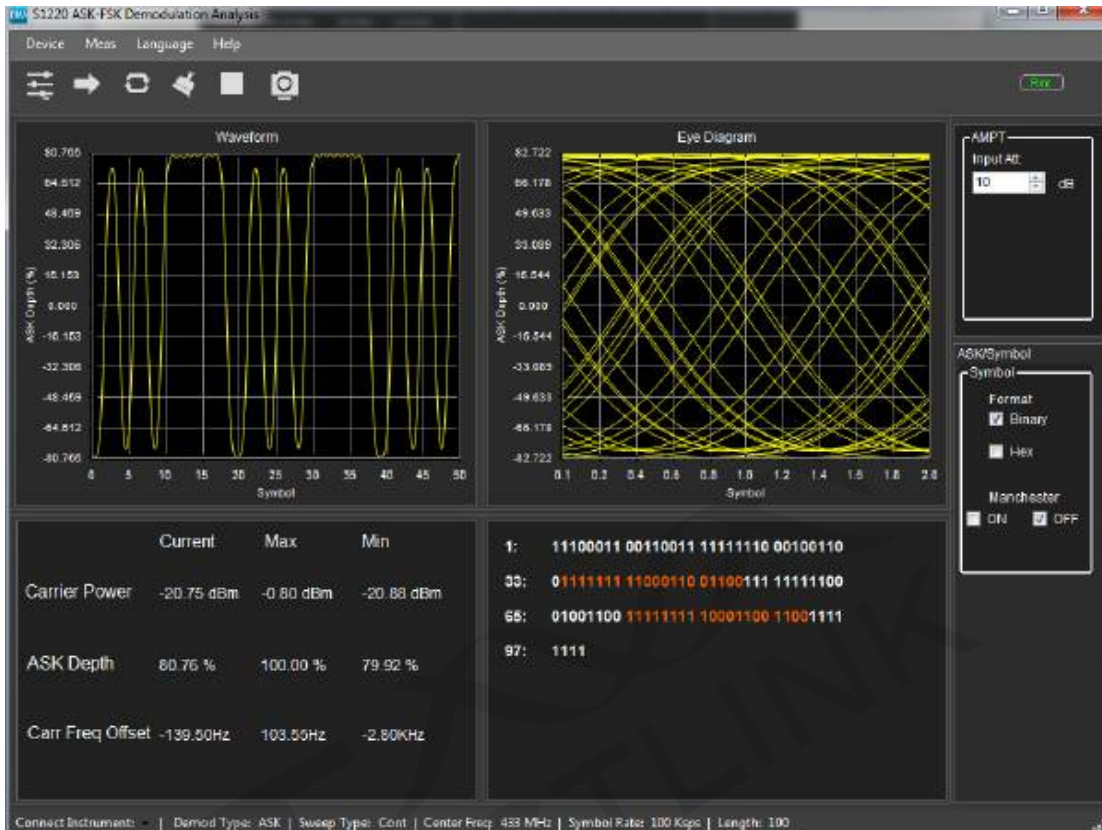


그림 18 : ASK신호의 Zero Span 분석

ASK 신호는 Rigol 의 S1220 (ASK-FSK 복조 소프트웨어)로 분석 가능하다.

설정과 분석 형태는 2FSK 분석과 같다.



번역 : (주)테스트링크

작성자 : Boris Adlung (RIGOL Technologies Europe GmbH)