

기술세미나 최신 신호 및 스펙트럼 분석

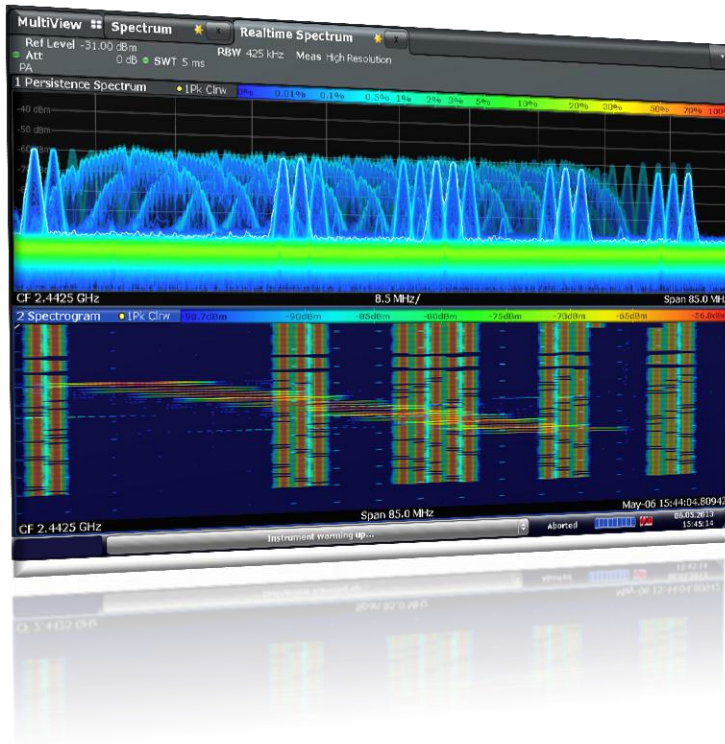
조현호

hyunho.cho@rohde-schwarz.com



ROHDE & SCHWARZ

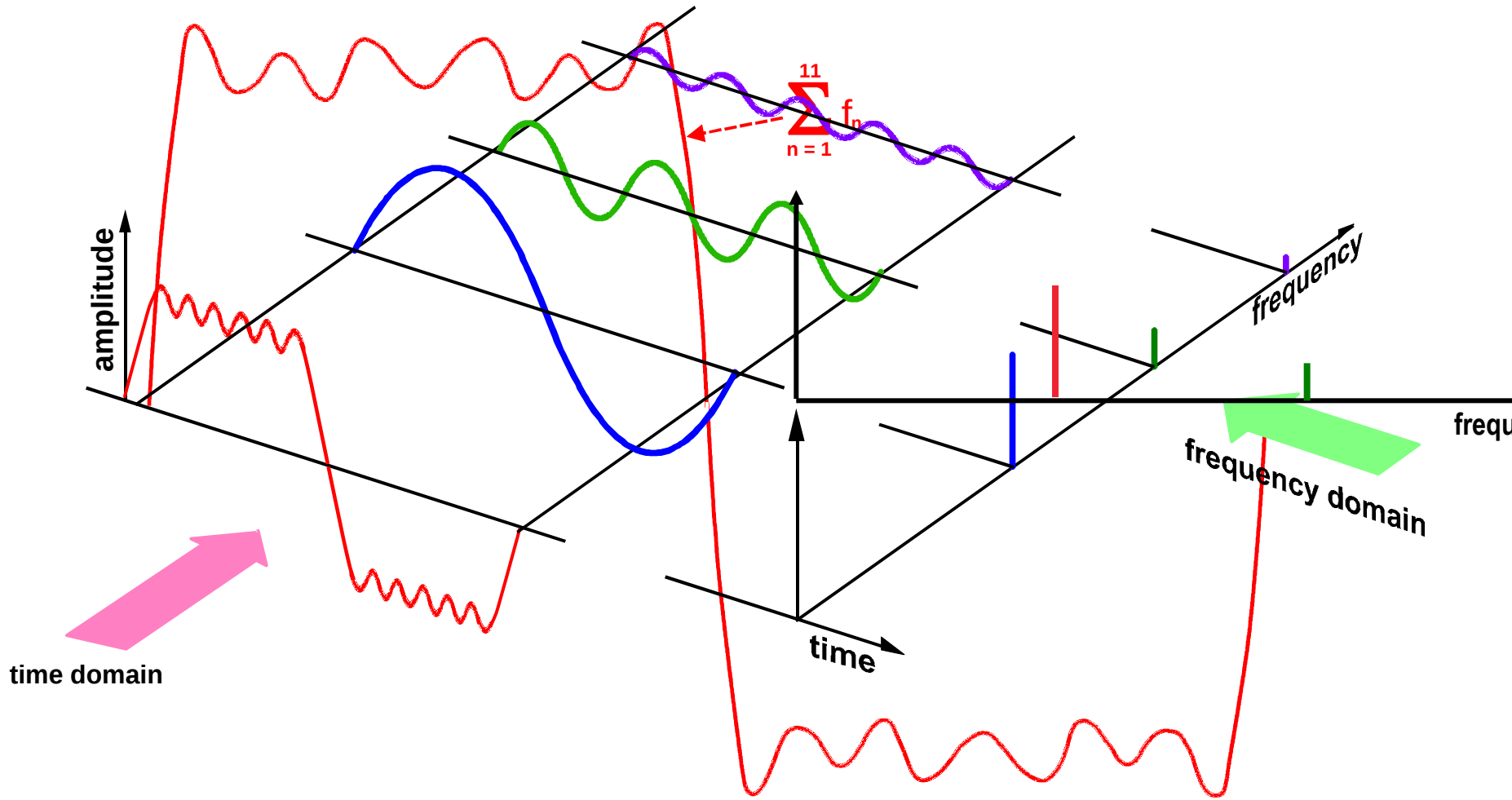
진행 순서



- Spectrum Analyzer 측정 원리
- Digital Modulated Signal Analysis
 - Multi Standard Analysis
 - Vector Signal Analysis
- 주요 측정 항목 분석 기술
 - Channel Power
 - CCDF
 - Spectrum emission mask
 - Occupied Bandwidth
 - Sensor를 이용한 파워 측정

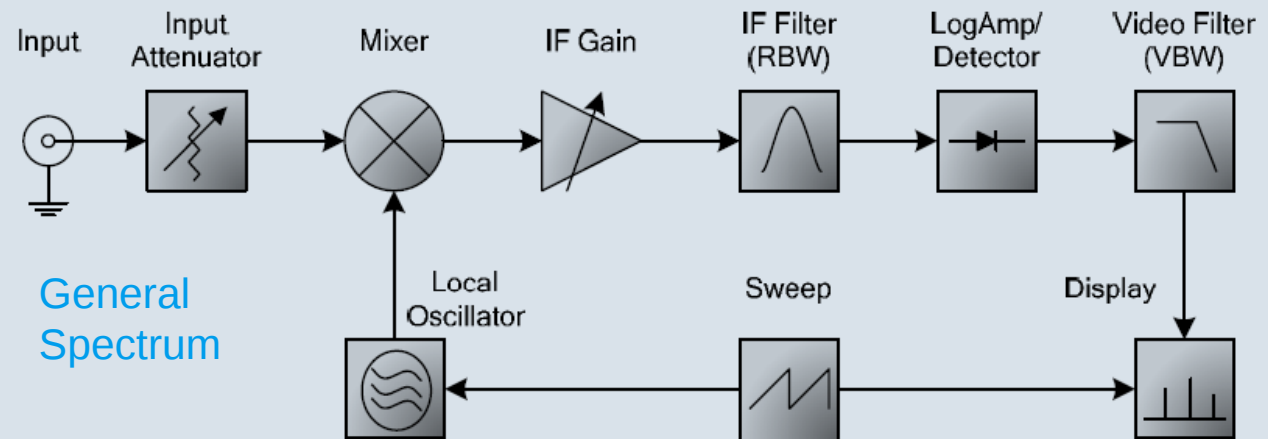
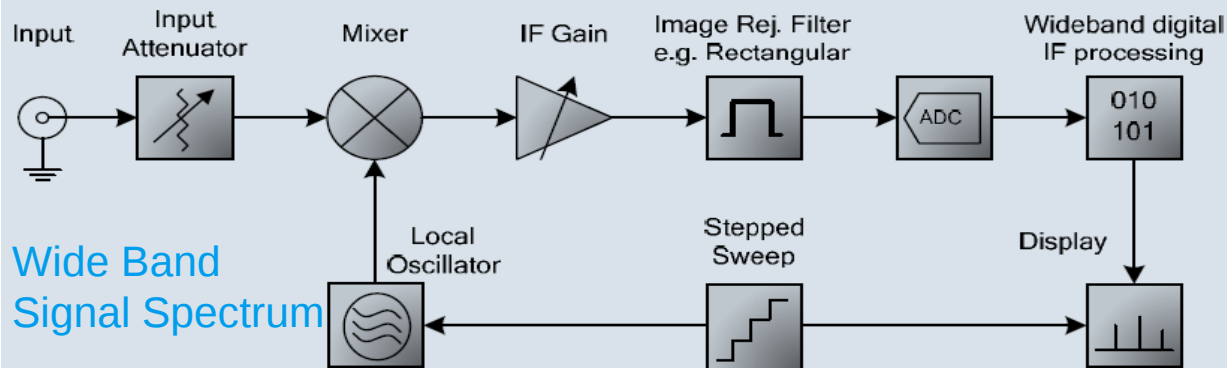
Spectrum Analyzer 분석 원리

Time Domain vs Frequency Domain



Signal & Spectrum Analyzer Block Diagram

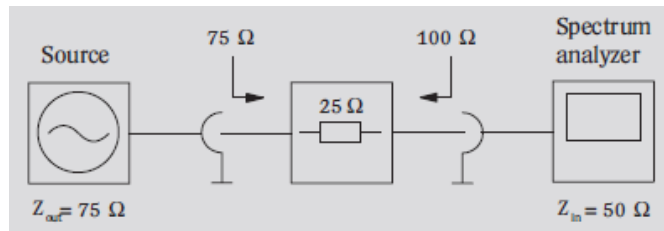
■ 내부 Attenuator와 Preamplifier는 입력 단 바로 다음에 장착 됨



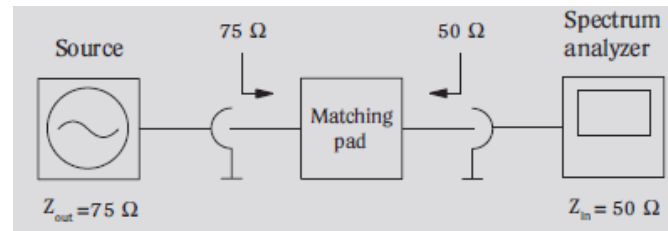
Signal & Spectrum Analyzer

RF Input

- 대부분의 스펙트럼(신호) 분석기는 50ohm 으로 설계
- 최대 입력 범위를 초과 하지 않는 입력이 가장 중요
- Matching을 맞추지 않으면 측정 대상과 측정기 사이에 Mismatching 발생



Case 1. 간단하지만 75ohm기준으로만 측정



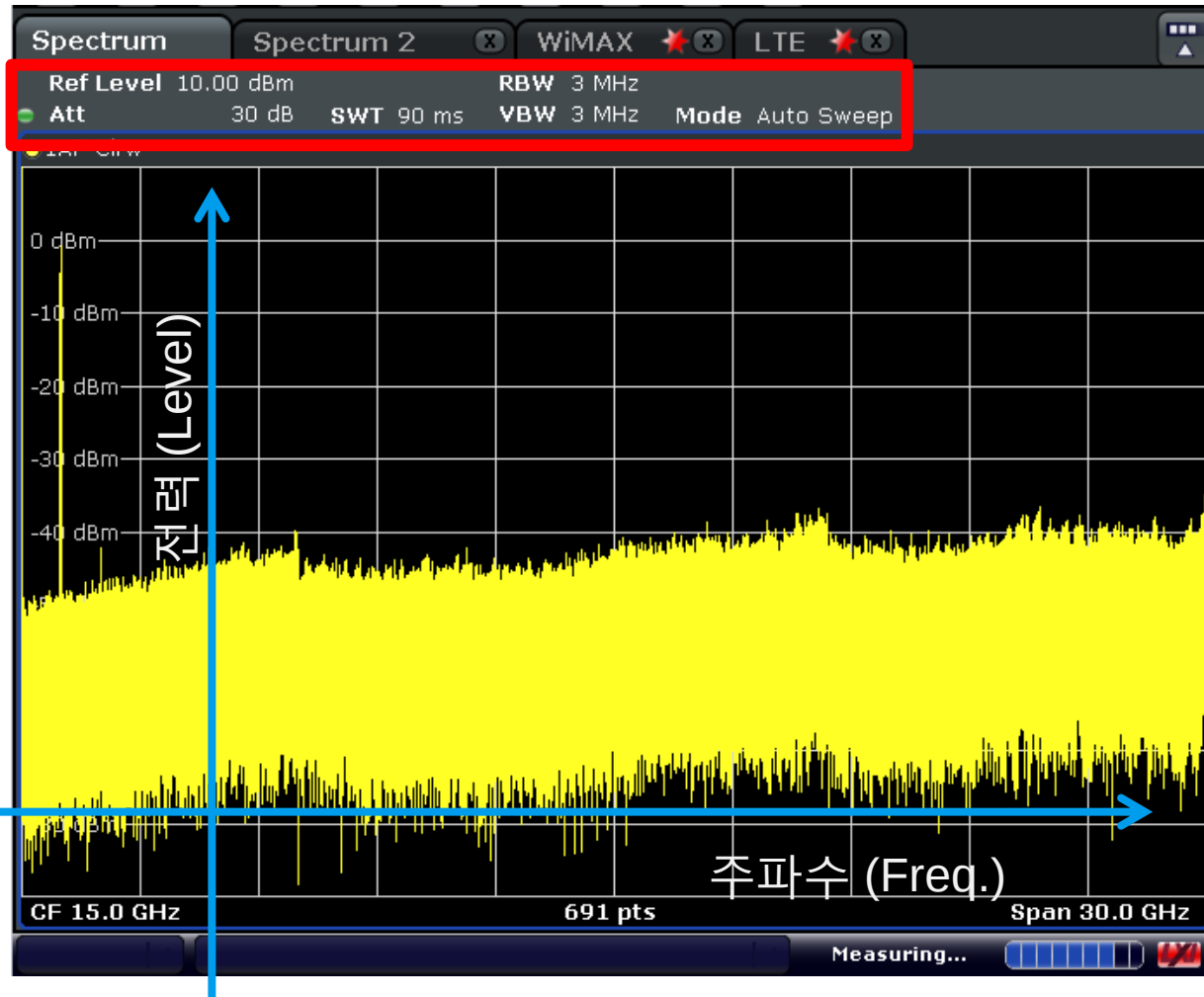
Case 2. 올바른 방법으로 offset이 필요

$$A_{50\Omega \rightarrow 75\Omega} = 20 \cdot \lg \frac{V_{50\Omega}}{V_{75\Omega}} = 4 \text{ dB}$$

$$A_{75\Omega \rightarrow 50\Omega} = 20 \cdot \lg \frac{V_{75\Omega}}{V_{50\Omega}} = 7.5 \text{ dB}$$

Signal & Spectrum Analyzer

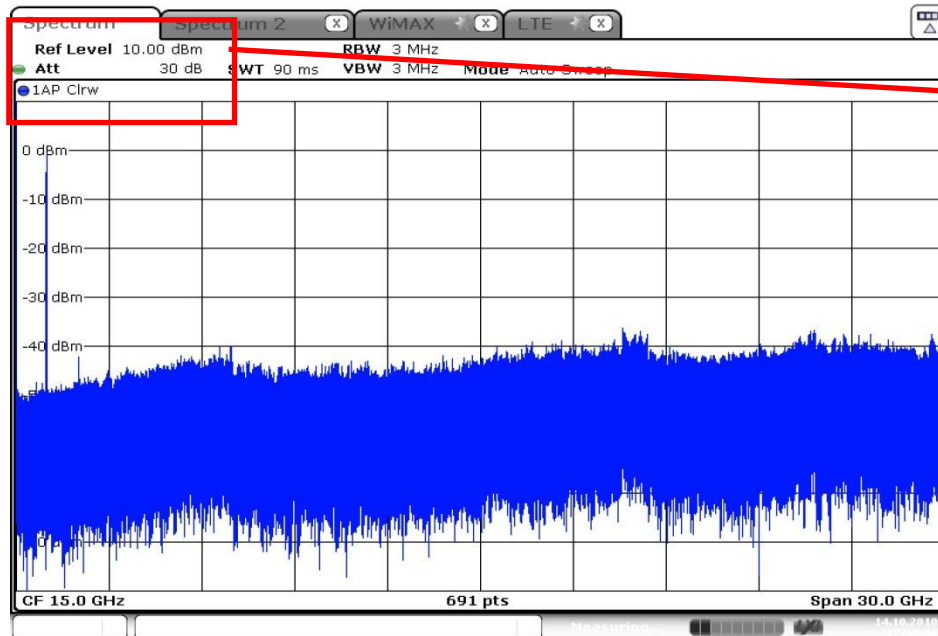
Main Parameter



- Frequency Span
- Ref. Level
- Attenuator
- RBW
- VBW
- SWT
- Sweep Type
- Sweep Point
-

RF Input Part – Ref. Level vs. Attenuator

- Ref. Level 측정 Trace의 눈금의 시작 점
- Attenuator가 Auto로 설정 된 경우 Ref. Level 설정이 Attenuator 설정을 결정
 - 입력 레벨이 설정 범위를 넘지 않게 주의
- 일반적으로 Attenuator는 Mechanical과 Electronic 방식으로 구분됨

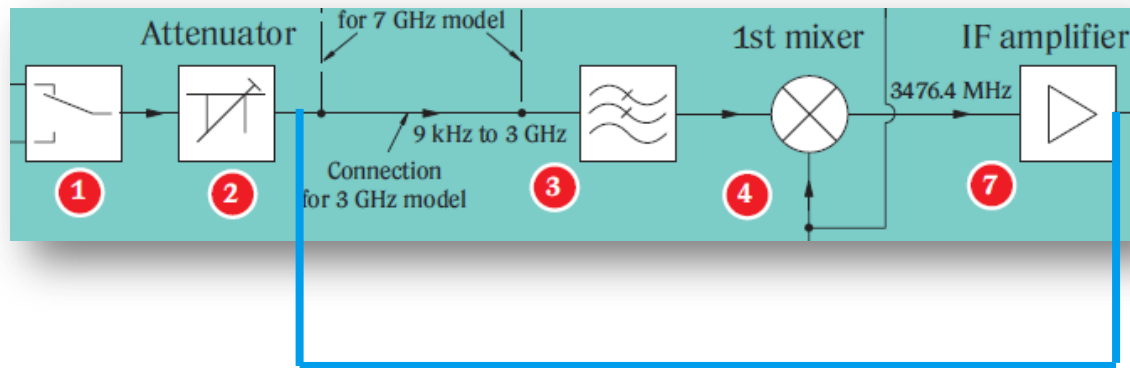


Attenuator Auto시

Ref - 10 dBm	Att 20 dB
Ref 0 dBm	Att 30 dB
Ref 10 dBm	Att 40 dB

RF Input Part - Attenuator

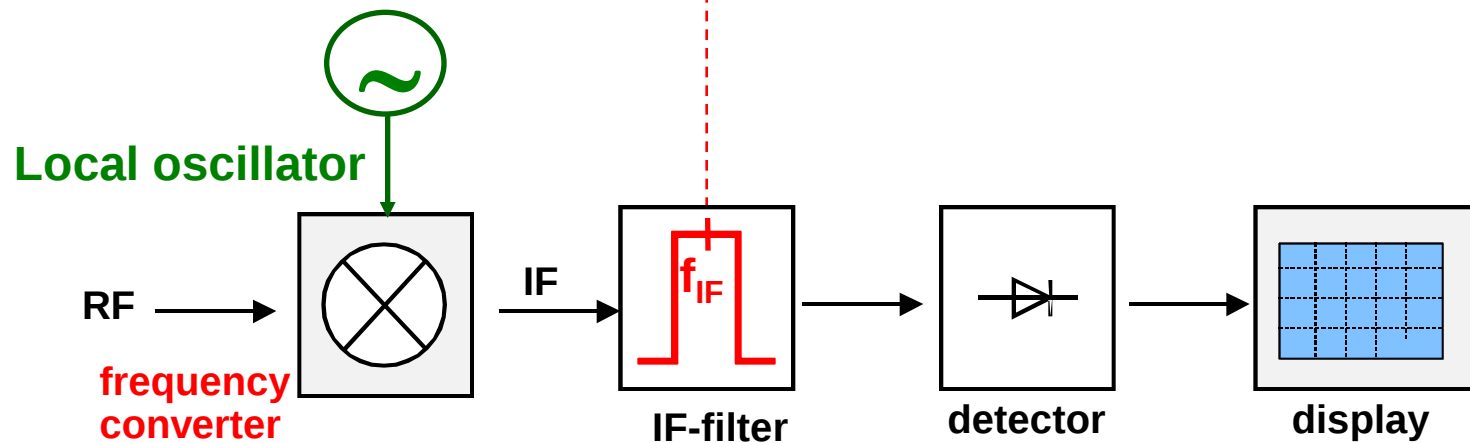
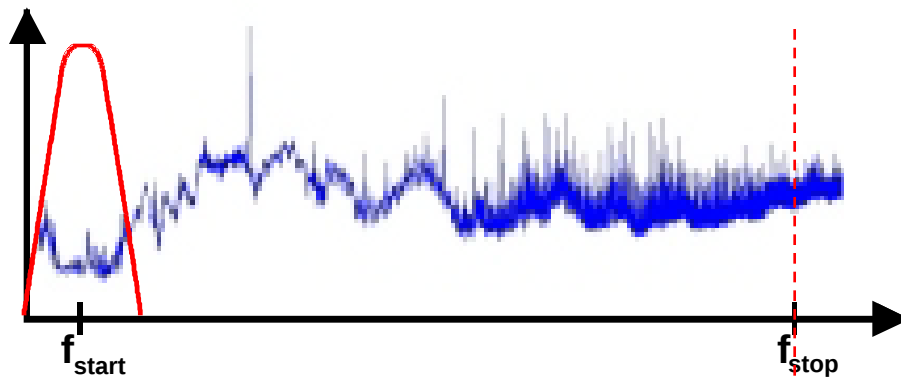
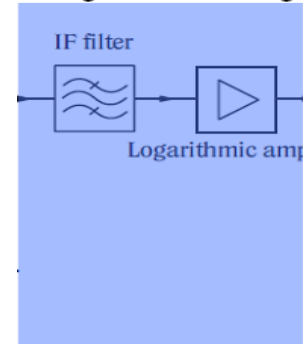
- 신호는 Attenuator 통과 후 Mixer를 거쳐 다시 증폭
- 장비의 고유 노이즈는 Mixer를 통과 후 증폭이 되어 측정 Range를 감소



Attenuator에 의해 감쇠된 신호 만큼 IF 증폭기에 의해 증폭
원신호 : 감쇠 + 증폭 = 원신호
노이즈 : + 증폭 = 노이즈 증폭

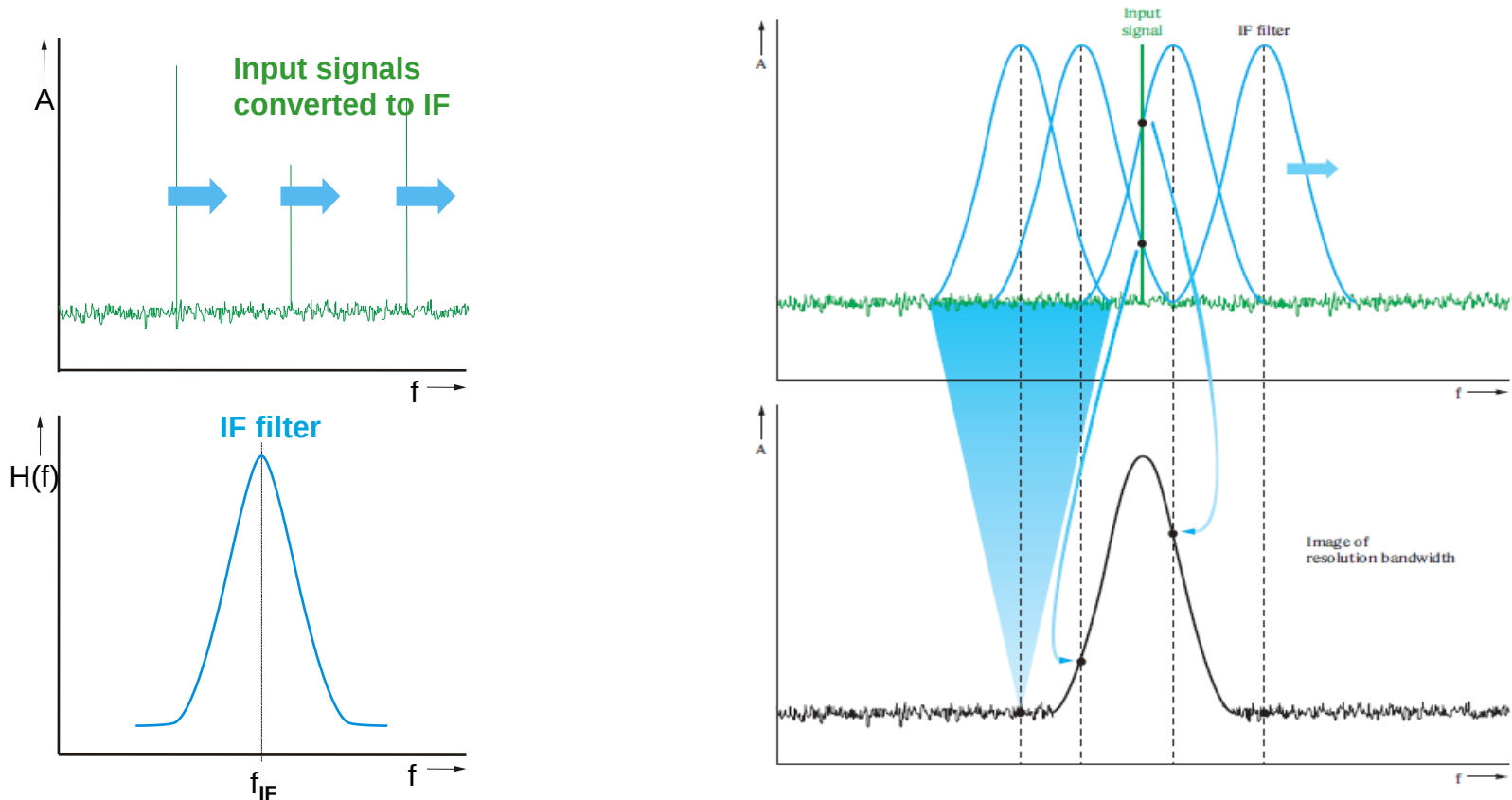
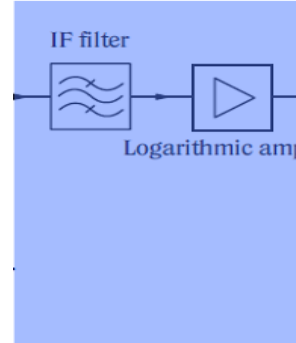
- 내부 Attenuator 0인 경우 최대 측정 Range를 확보

IF Signal Processing Section - Sweep



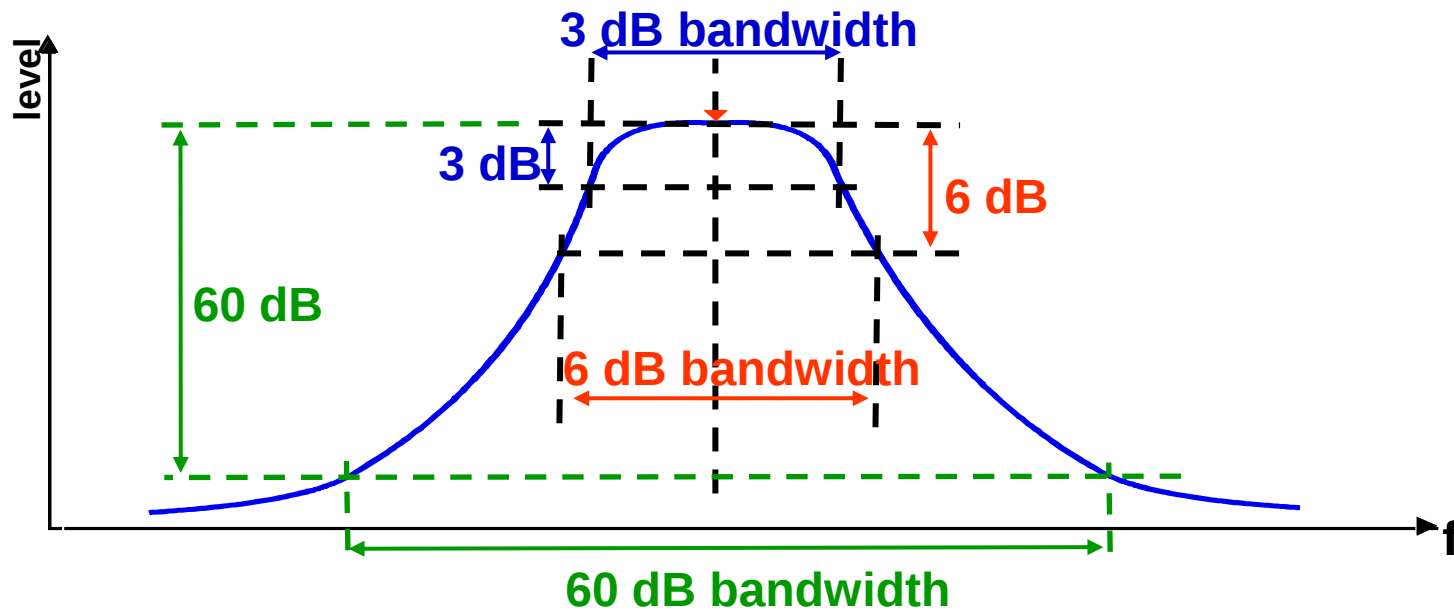
IF Signal Processing - Sweep

- RBW의 특성에 의해 측정 Display 상의 결과를 확인 할 수 있다.



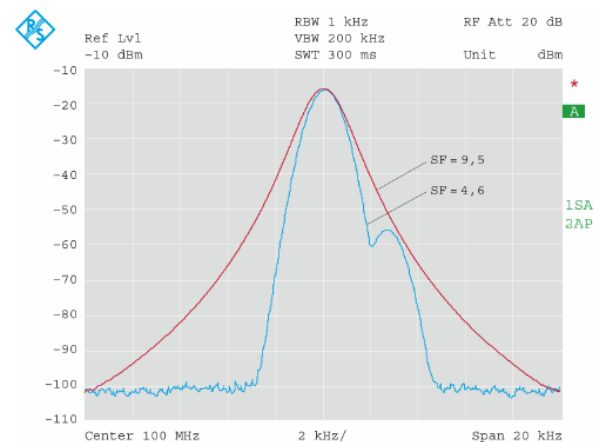
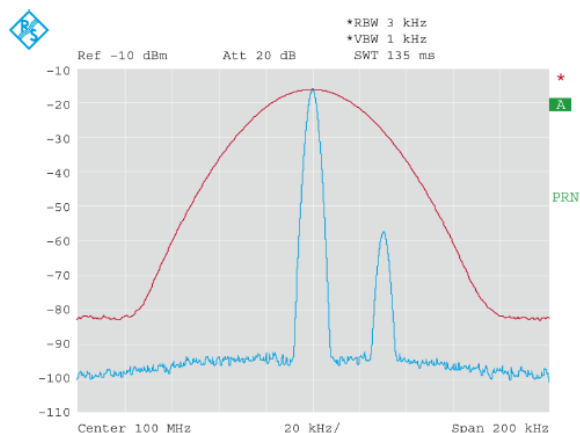
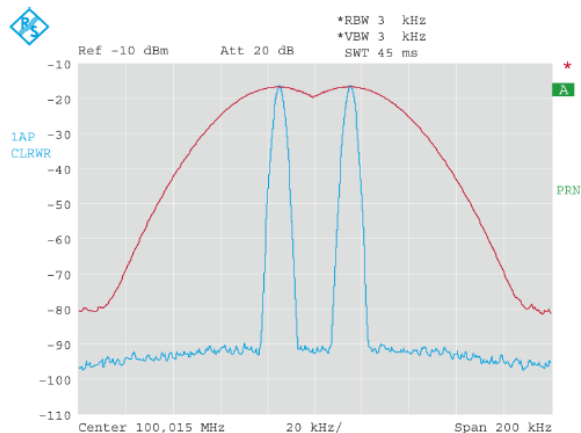
IF Signal Processing

RBW Shape Factor



- I Bandwidth : 3dB-BW (General)
: 6dB-BW (EMC measurements)
- I shape factor : $SF = (B_{60\text{ dB}} / B_{3\text{ dB}})$

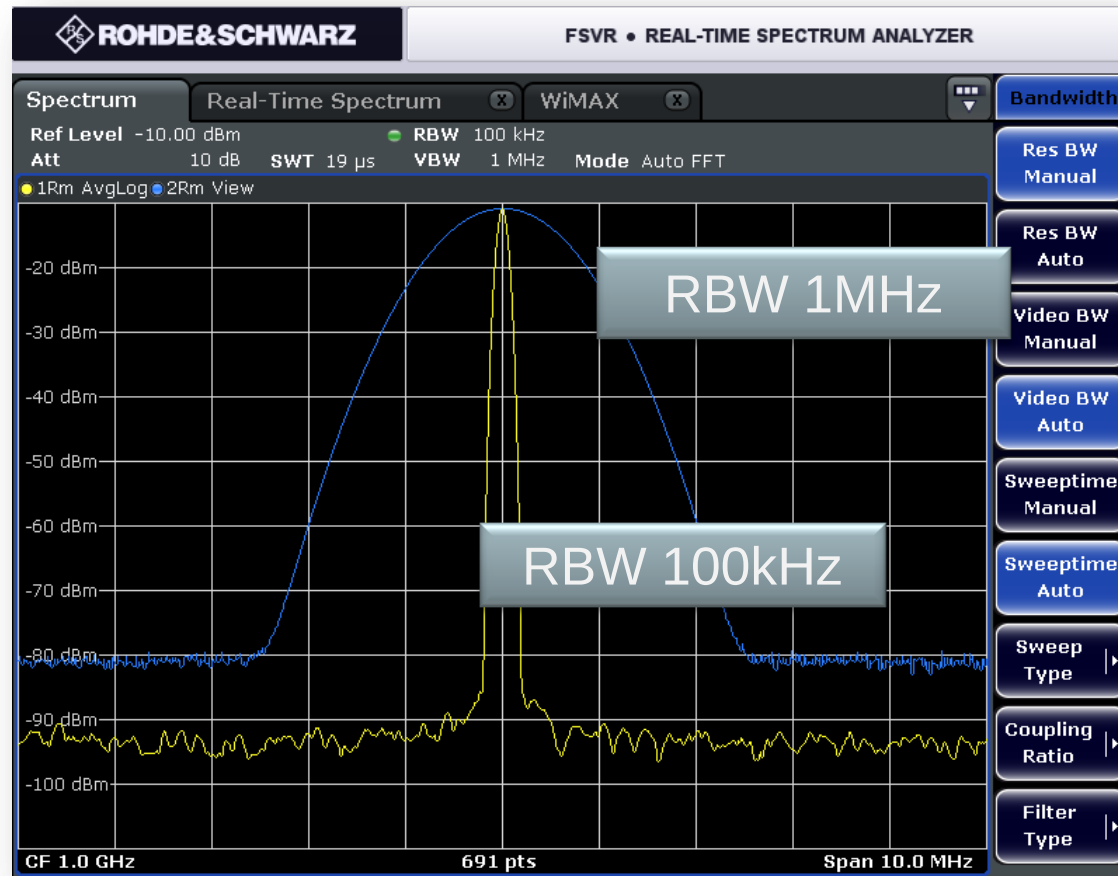
IF Signal Processing RBW



- 2 tone이상의 신호 인가 시 RBW 설정 크기에 따라 측정된 모양이 다르게 나타난다.
- Spectrum을 자세히 보기 위해서는 신호 BW보다 작은 값의 RBW를 설정해야 보다 정확한 스펙트럼 형상을 파악 할 수 있다.
- Shape factor에 의한 스펙트럼 특성에 차이도 파악해야 보다 정밀한 측정이 가능(Channel Edge 특성, Noise 분포)

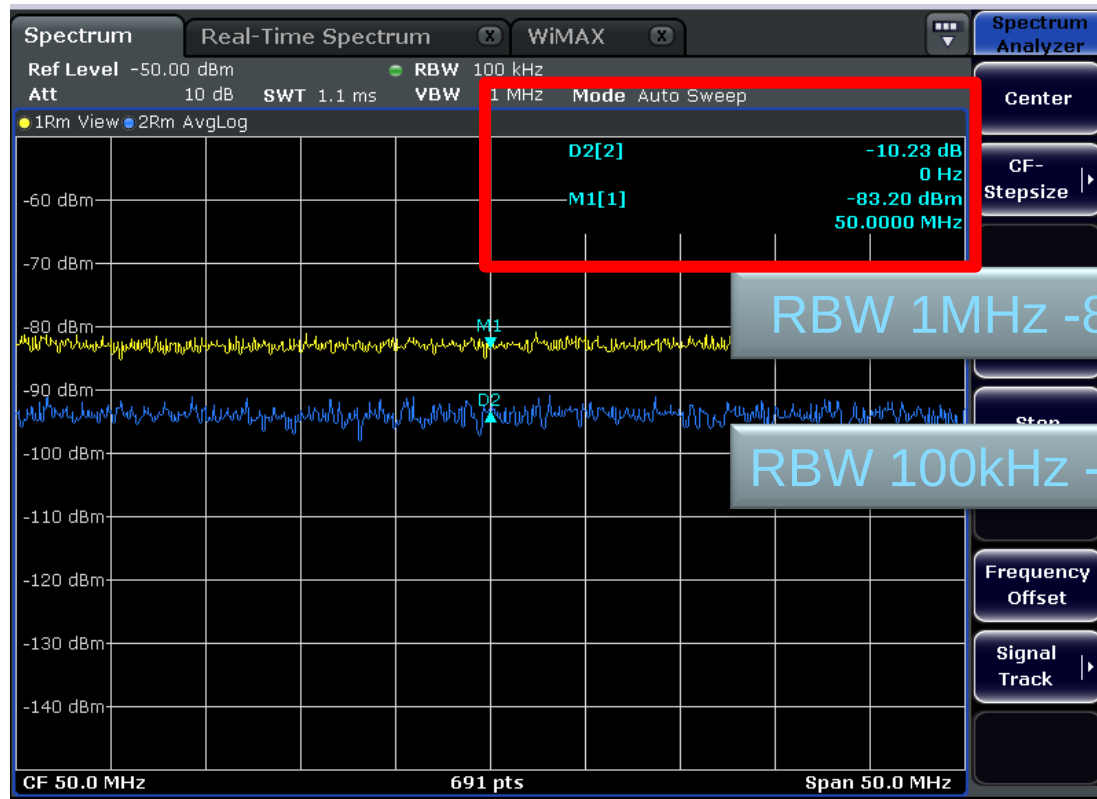
IF Signal Processing RBW

- 동일한 신호임에도 불구하고 RBW에 따라 측정 된 Spectrum 모양이 변함.



IF Signal Processing RBW

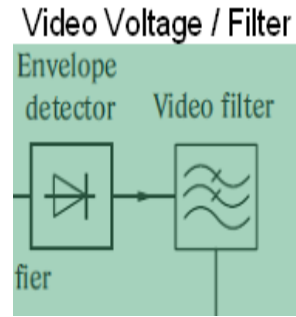
- RBW의 크기에 따라 측정되는 Noise의 크기도 달라짐.
- Dynamic Range 확보를 위해서는 상대적으로 작은 RBW가 요구된다.



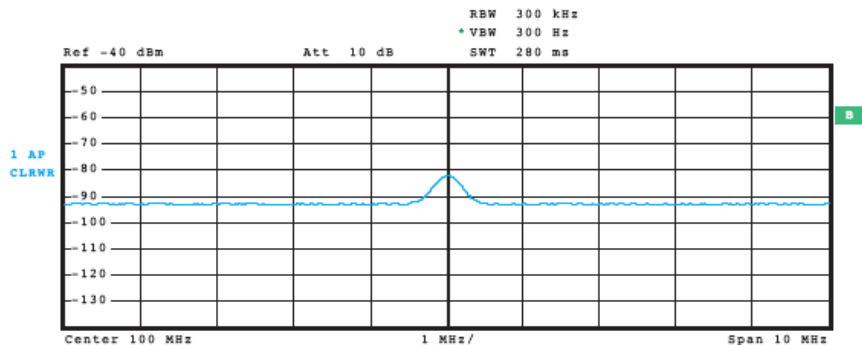
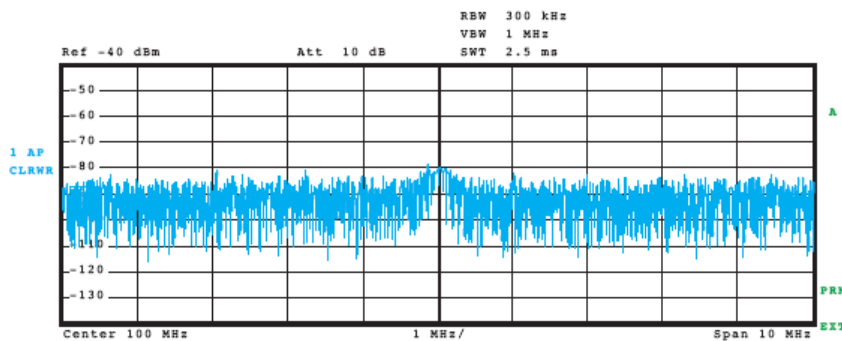
RBW 1MHz -83dBm

RBW 100kHz -93dBm

IF Signal Processing Section – Video



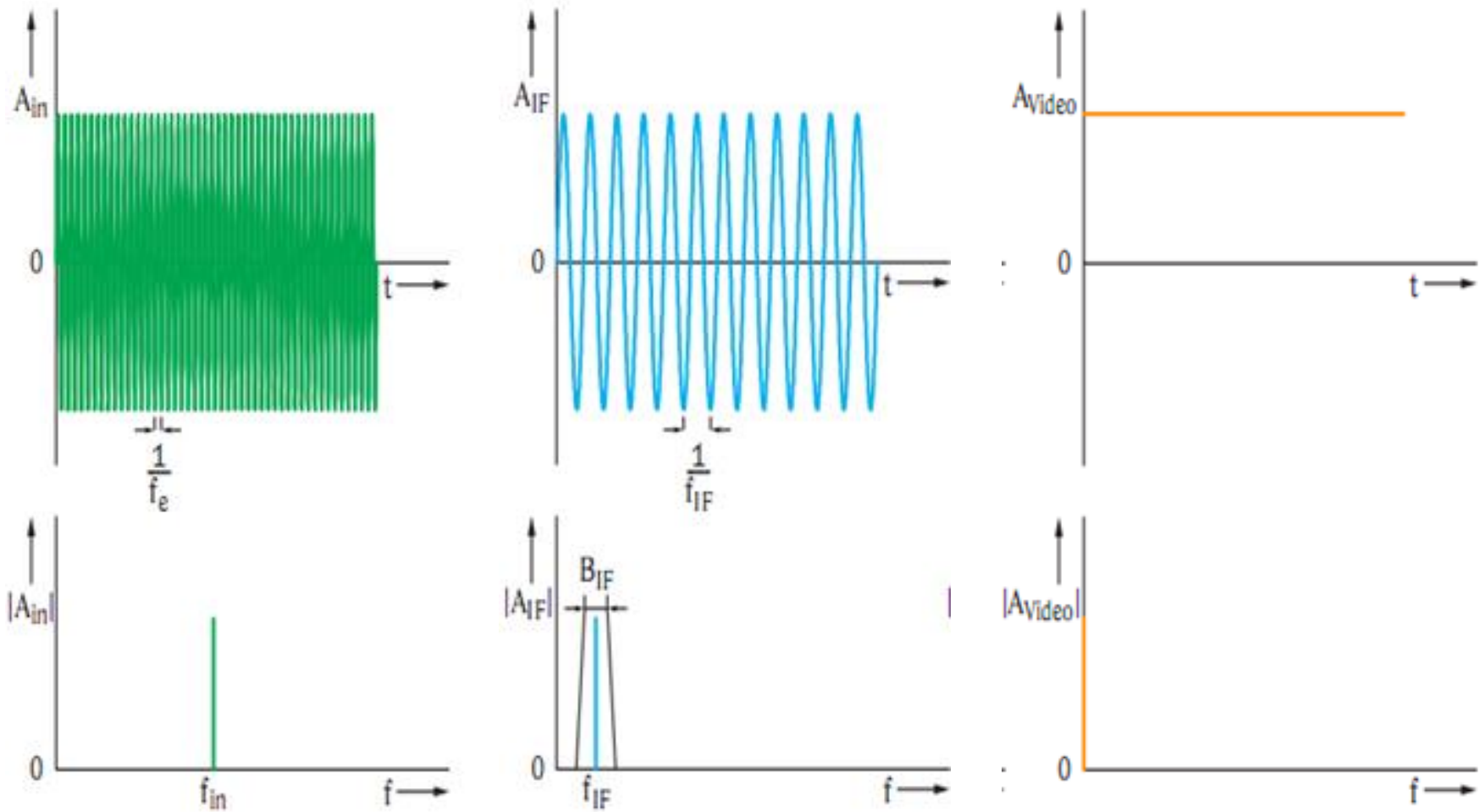
- 비디오 필터는 Envelop 디텍터와 A/D 컨버터 다음에 위치한 필터로서 디지털 방식으로 구현되어 있음
- A/D 컨버터의 사용으로 비디오 신호는 Envelop 디텍터의 출력에서 샘플링되며 양자화 과정을 거치며, 디지털 처리된 신호의 진폭 정보는 디스플레이의 Y축에 표시된다.



- 측정하고자 하는 신호가 노이즈 레벨에 가까워 질수록 원하는 신호를 읽어내기가 힘들어 지지만, 비디오 필터의 대역폭을 감소시킴으로써 노이즈의 Peak-to-Peak를 감소시킴

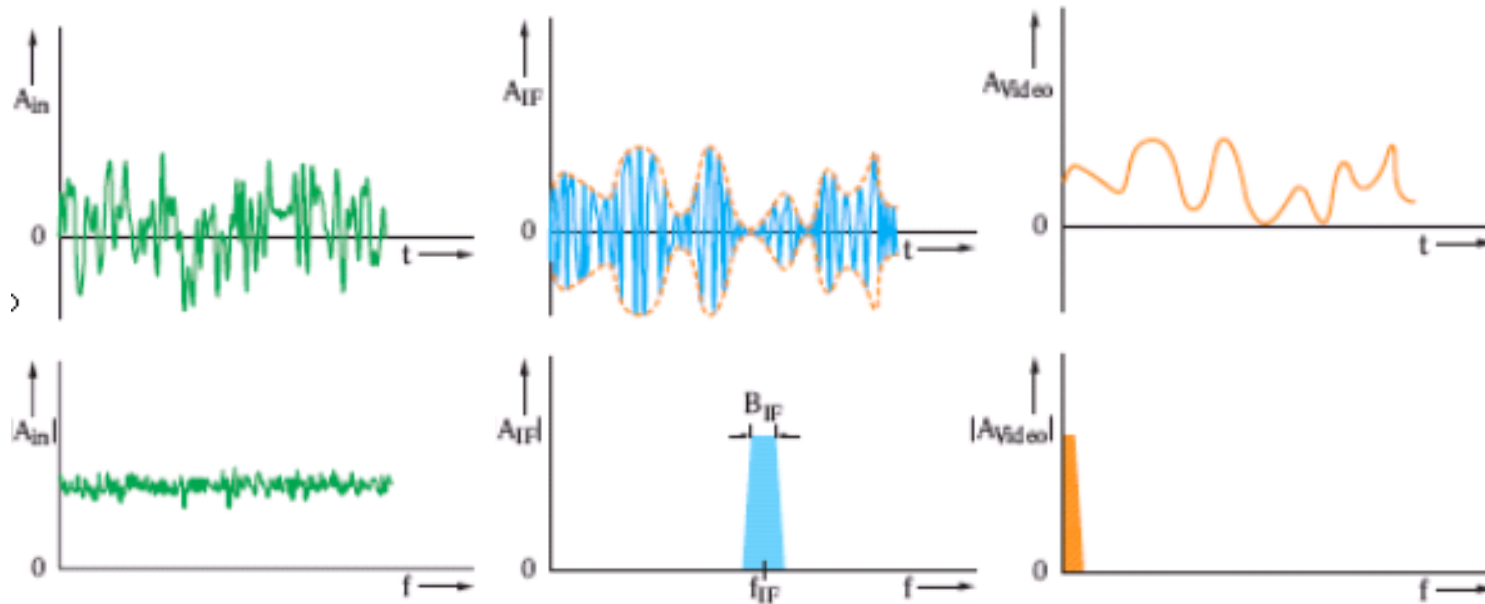
IF Signal Processing Section – Video filter

■ Example: sinusoidal signal



IF Signal Processing Section – Video filter

- Averages noise signals
- Reduces bandwidth of video signal
- Peak amplitudes are reduced



IF Signal Processing Section – Video filter

- Noise 신호의 Avg
- Peak amplitudes 감소
- Average Level

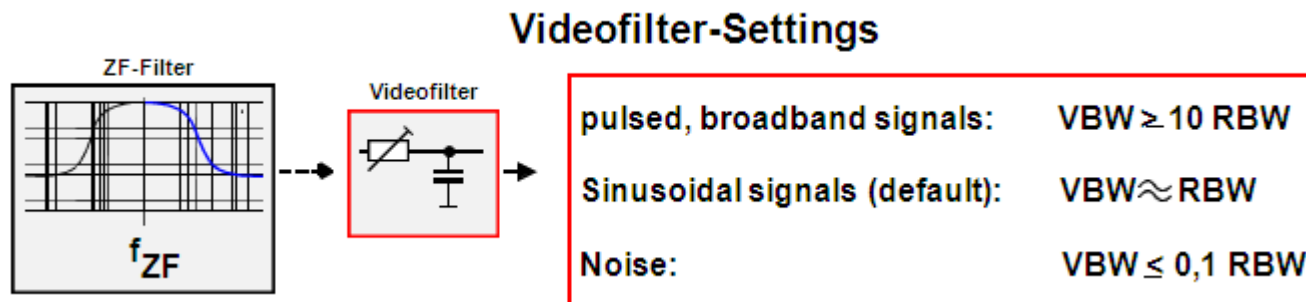
$$VBW \ll RBW$$

- Channel power measurement 측정 시 VBW는 결과에 영향을 미쳐서는 안된다.

$$VBW \gg RBW \text{ (RBW대비 3~10배 설정)}$$

- Phase noise & noise 측정 시

$$VBW \ll RBW \text{ (RBW대비 약 0.1배 이하설정)}$$



IF Signal Processing – Sweep Time

Sweep vs. FFT

- 일반적으로 Sweep time은 Auto인 경우에는 최소 SWT이 표시된다.
- 일반 Sweep(SWT) 방식과 FFT방식(AQT)은 처리 방법 및 속도에서 다른 차이를 나타낸다.

$$SWT = k * \left[\frac{\text{Span / Hz}}{(\text{RBW / Hz})^2} \right]$$

- SWT = Sweep Time in seconds
- Span / Hz = Frequency Span in Hz
- RBW / Hz = Resolution Bandwidth in Hz
- K = Correction factor for the settling of the resolution filter

$$AQT(s) = \left[\frac{k}{\text{RBW / Hz}} \right]$$

- AQT(s) = Acquisition Time of the FFT in seconds
- RBW / Hz = Resolution Bandwidth in Hz
- k = Correction factor for the FFT weighting filter

IF Signal Processing - Detector

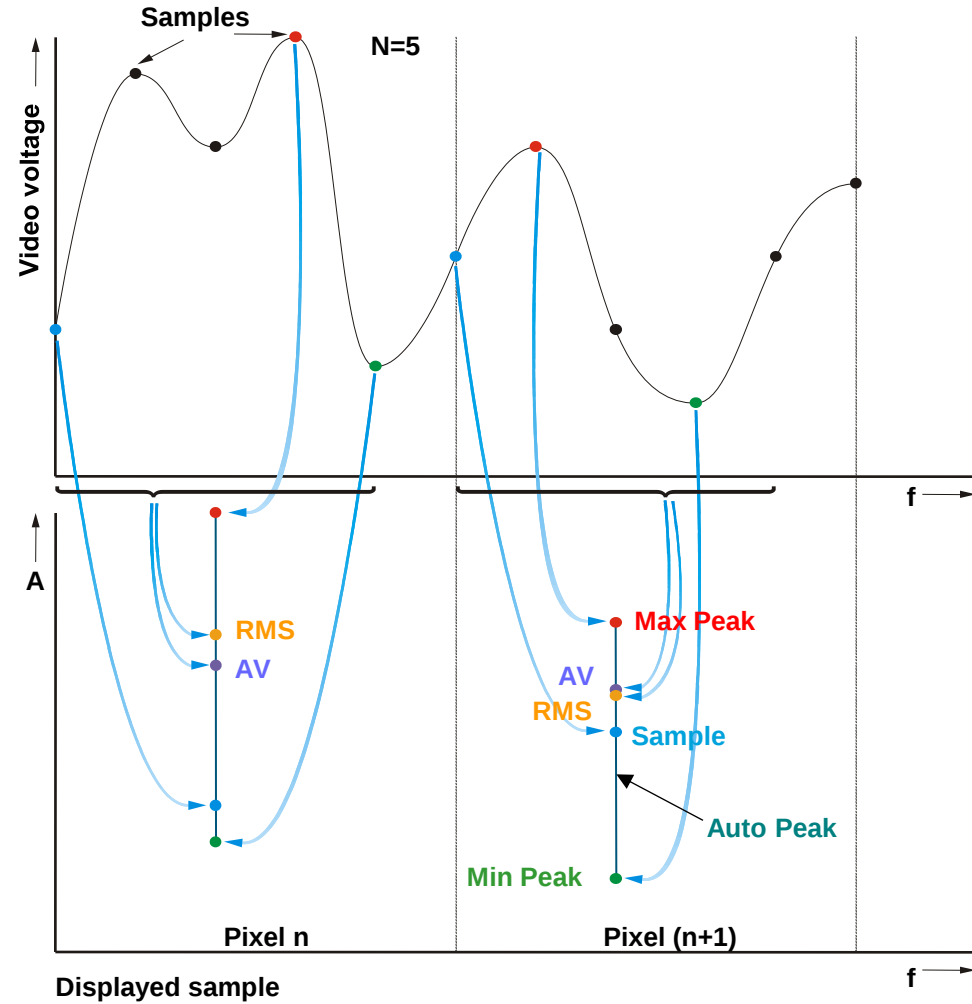
- IF 단에서 처리된 신호 샘플들을 화면에 표시하기 위한 대표값을 선정
- 측정 Application에 따라 적절한 Detector를 사용.
- Spectrum의 기본 Capture Sample rate이 연산에 사용되는 sample의 개수를 좌우.

true RMS

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [v(t)]^2 dt}$$

average

$$AV = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt$$



IF Signal Processing – Detector Application

- 아래 표는 Application별 권장 Detector
- 각 규격에서 정의 된 Detector 사용을 권장 (FCC, ETSI, 3GPP ...)

Detector	Pulsed Signals		Random Signals		Static Signals
	EMV	Radar	Noise	Digital mod.	Sinusoid, AM/FM mod.
Auto Peak					x
Max Peak	x	x		x	x
Sample			x		
RMS	x	x	x	x	x
AV	x				
QP	x				

Sweep Point

More Sweep point Less uncertainty

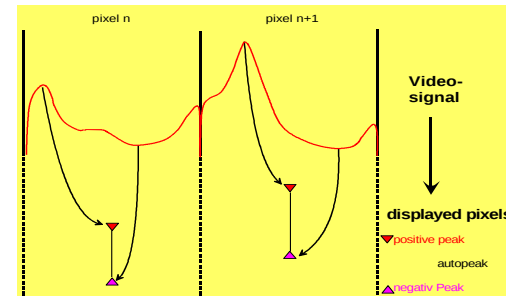
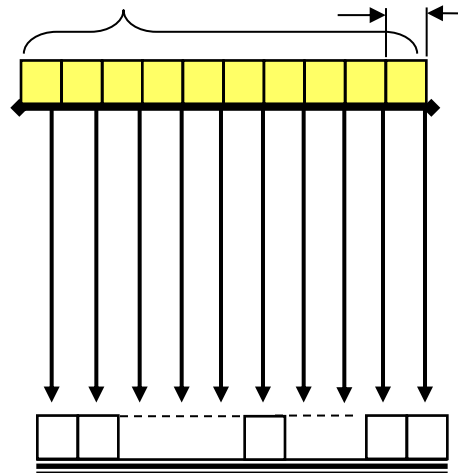
Sample rate: 32 MSamples/sec Sweep Time: 100ms

3,2 MSamples/Sweep

Data reduction
depending on
DETECTOR MODE

SPAN: 8GHz
Sweep points: 500

8GHz SPAN
16 MHz /
Sweep Point



**DETECTOR
MODE**
MAX PEAK
MIN PEAK
AUTO PEAK
AVG
RMS
SAMPLE

500 Sweep Points a' 6400 Samples

Sweep Point

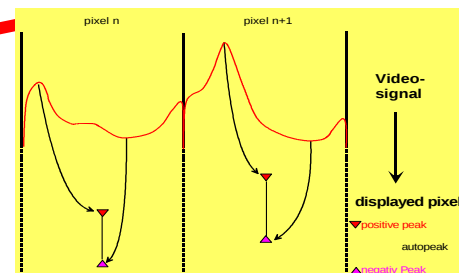
More Sweep point Less uncertainty

Sample rate: 32 MSamples/sec Sweep Time: 100ms

SPAN: 8GHz

Sweep points: 5000

3,2 MSamples/Sweep
distributed to 5000 Sweep Points



**DETECTOR
MODE**
MAX PEAK
MIN PEAK
AUTO PEAK
AVG
RMS
SAMPLE

1,6 MHz/
Sweep Point

Content of 1 Sweep Point

5000 Sweep Point a' 640 samples

Data reduction

AUTO PEAK

(independent from
Detector Mode)



Sweep Point

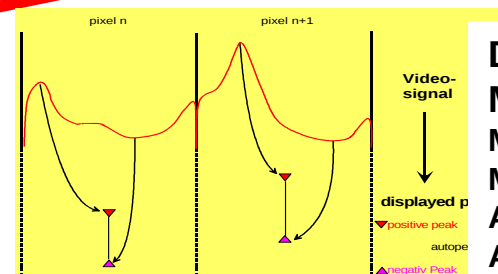
More Sweep point Less uncertainty

Sample rate: 32 MSamples/sec Sweep Time: 100ms

SPAN: 8GHz

Sweep points: 5000

3,2 MSamples/Sweep
distributed to 5000 Sweep Points



DETECTOR
MODE
MAX PEAK
MIN PEAK
AUTO PEAK
AVG
RMS
SAMPLE

1,6 MHz/
Sweep Point

Content of 1 Sweep Point

5000 Sweep Point a' 640 samples

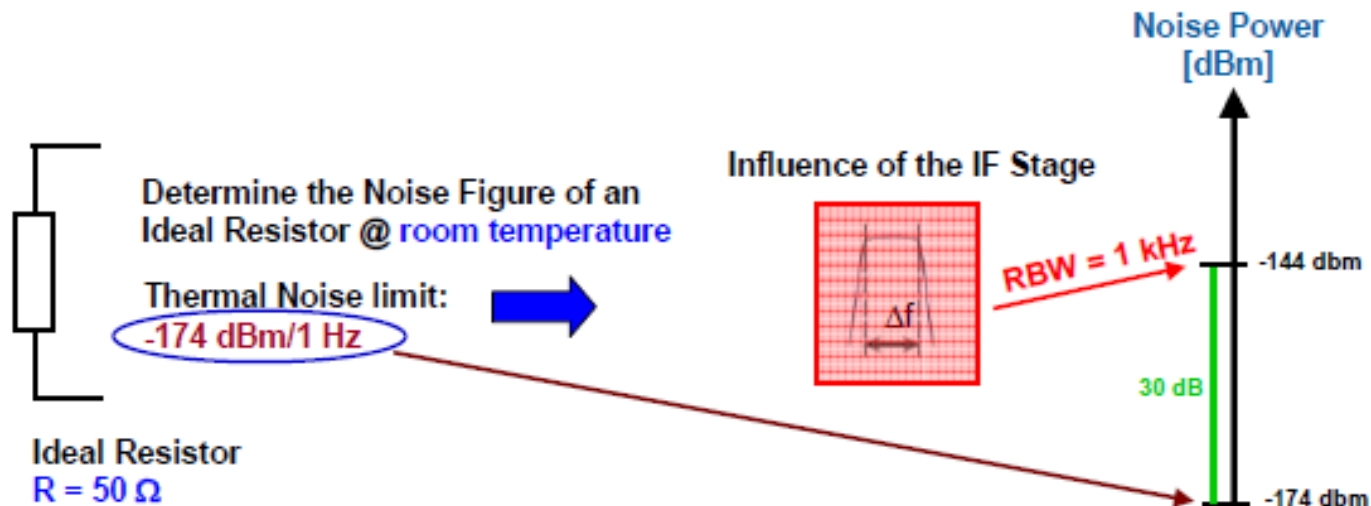
Data reduction
AUTO PEAK
(independent from
Detector Mode)



Display Average Noise Level

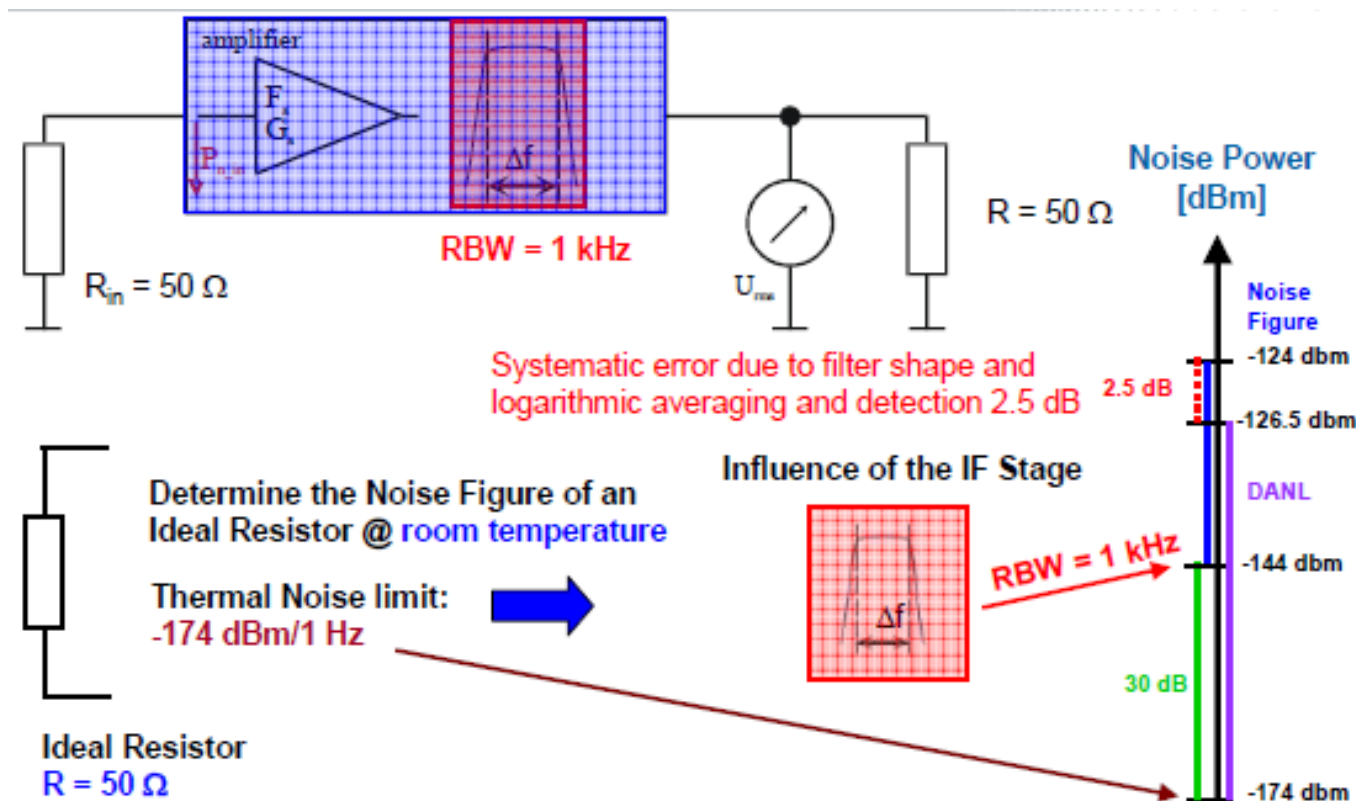
- RBW 1Hz 상태에서 표시되는 평균 Noise Level
- RBW의 설정에 따른 Noise Level을 확인 할 수 있음

$$\text{DANL}(\text{RBW}) = \text{DANL}(1 \text{ Hz}) + 10 \cdot \log \left[\frac{\text{RBW} / \text{Hz}}{1 \text{ Hz}} \right]$$



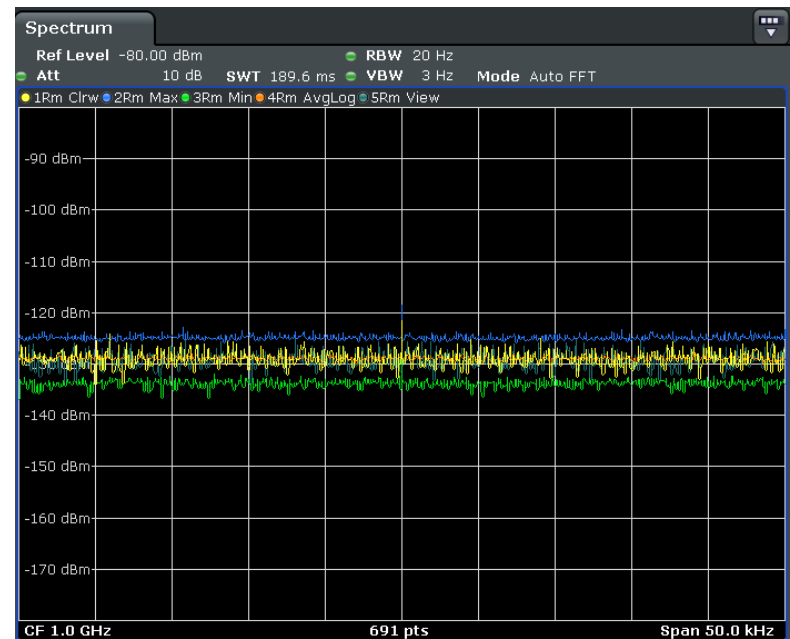
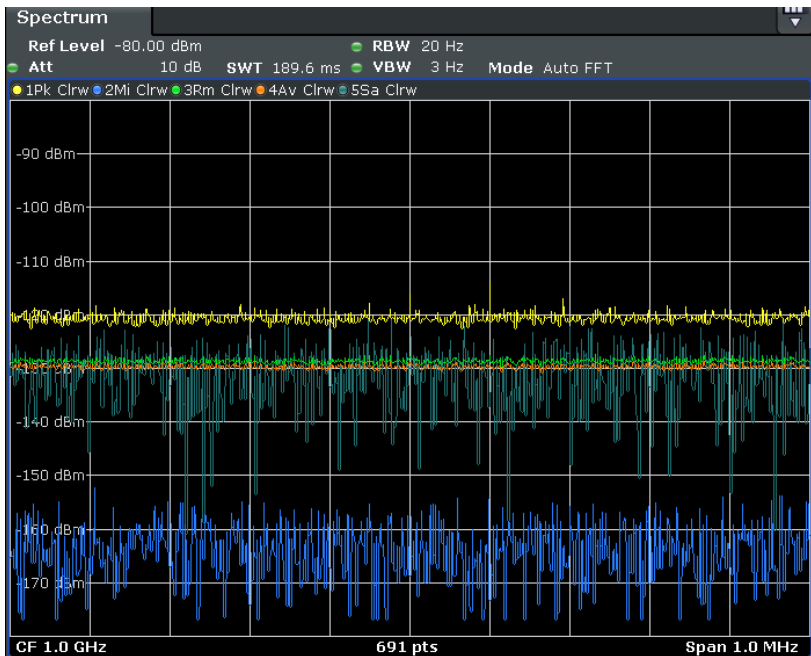
Display Average Noise Level

- 측정 하는 DUT의 Noise와 장비 Noise를 구분 할 수 있다.



Trace & Dectector

- Detector Type에 따른 스펙트럼 노이즈
- Trace Type에 따른 스펙트럼 노이즈



■ Trace Avg와 Detector Avg는 구분해서 사용

- Trace Avg는 Avg에 사용되는 개수를 명확하게 해야 한다
- Log 값의 Avg인지 Lin 값의 Avg인지에 따라 결과 값이 달라진다.

Digital Modulated Signal Analysis

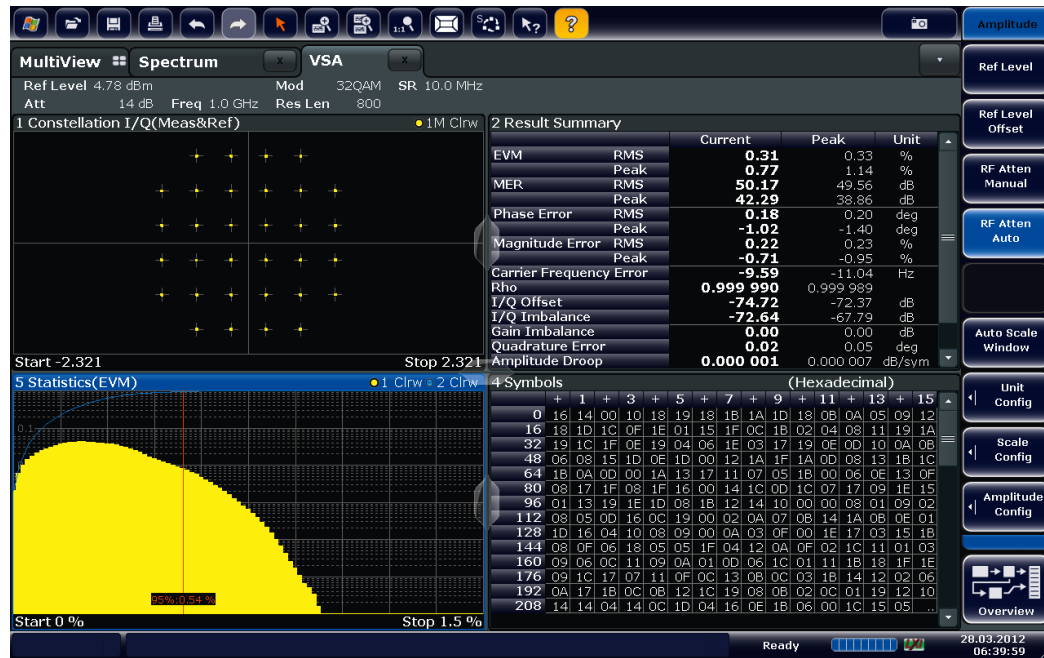
- Vector Signal Analysis
- Multi Standard Analysis



Vector Signal Analysis

■ VSA

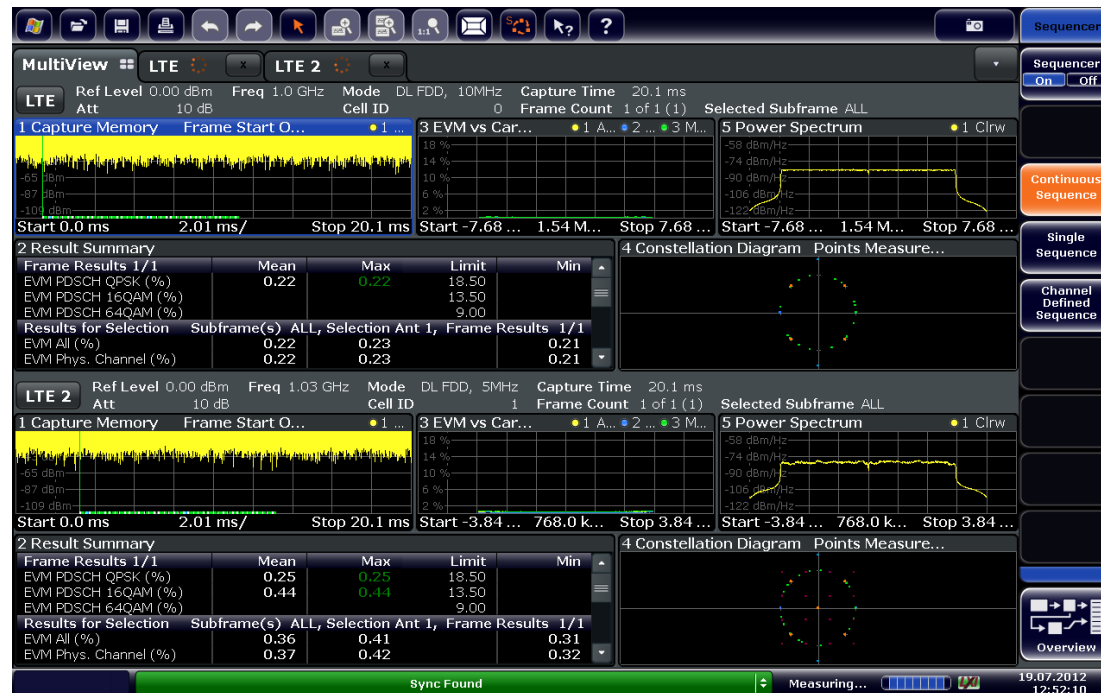
- 단순 규격 또는 사용자 정의에 의하여 신호를 분석 가능한 솔루션
- Modulation / Symbol rate / Filtering 등의 정보를 설정하여 신호를 분석 하는 방식
- MSK to 1024QAM 까지 다양한 신호에 대해 분석 가능



Vector Signal Analysis

■ Standard Option

- LTE, WCDMA등과 같이 정해진 규격을 미리 FW상에 구현한 방식
- 기본적인 정보만 입력으로 규격에서 정해진 신호들을 테스트 할 수 있음.
- 주로 상용화된 이동통신 규격에 대한 옵션으로 구성



Vector Signal Analysis – IQ Bandwidth

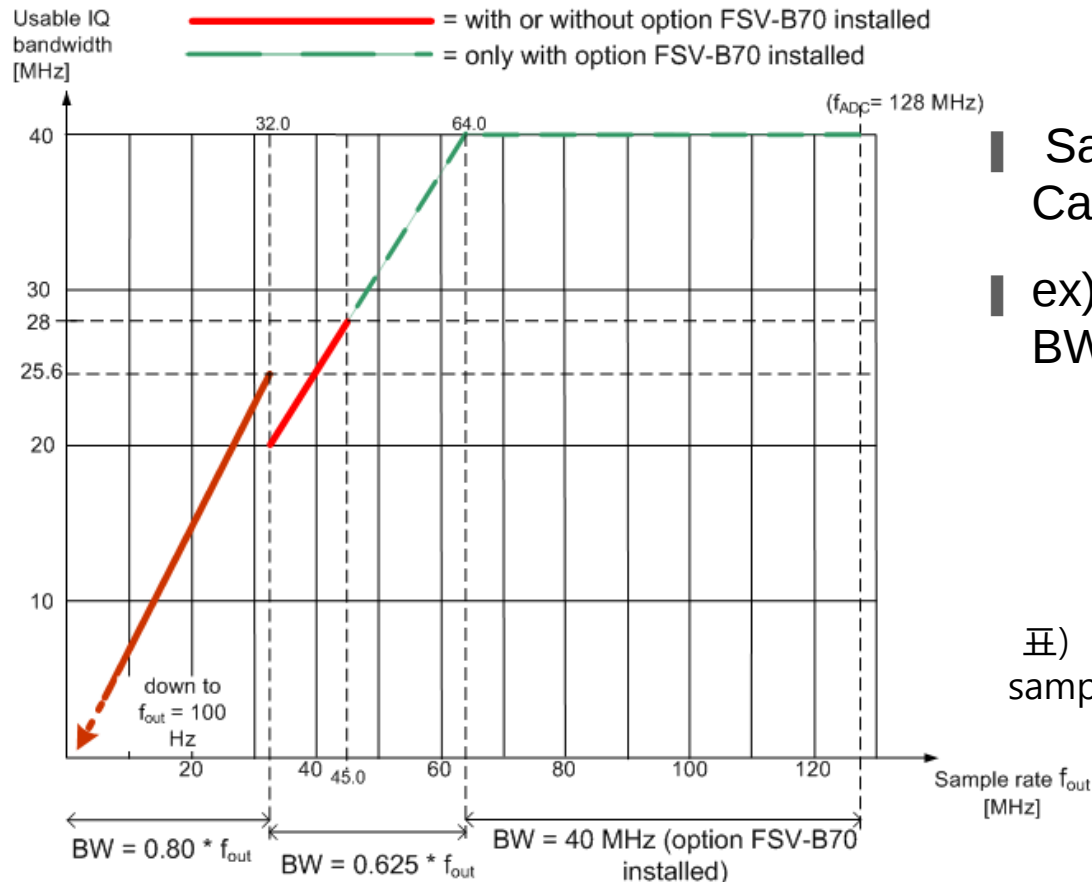
- 신호 분석을 위한 IQ Bandwidth는 신호 대역폭 이상이 되어야만 분석이 가능

IQ Bandwidth	Typical Applications
320 MHz	Radar, Aerospace, Defence, Next Generation Comm.
160 MHz	802.11ac, satellite transponder
80 MHz	Multi-Radio-Analysis, Amplifier predistortion
40 MHz	802.11n, 36 MHz satellite transponder, DVB-S
28 MHz	MC-WCDMA / LTE / WiMAX / 802.11a, b, g
10 MHz	GSM / EDGE / WCDMA / CDMA2000 / TD-SCDMA

- Capture Memory인 Capture Sample rate은 신호 분석의 정확도와 신뢰성에 영향
 - FSW 400MSample for I/Q

Vector Signal Analysis

Sample rate vs. Usable bandwidth

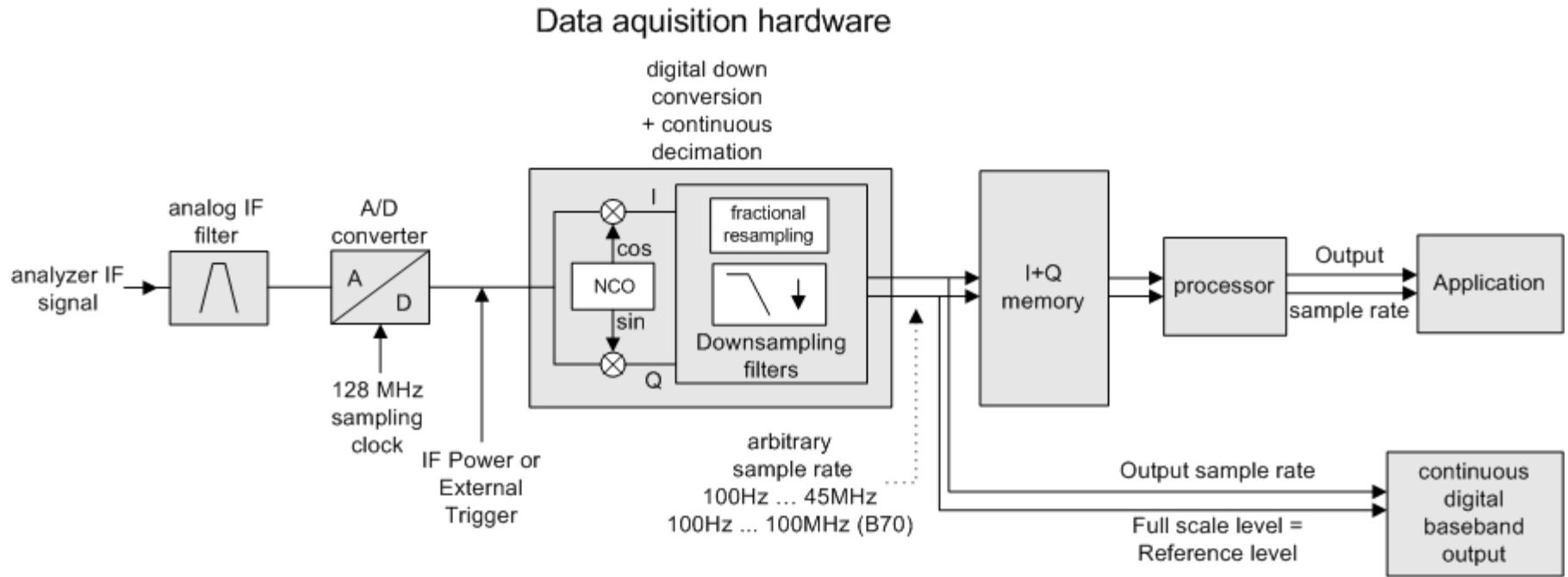


■ Sample rate = Symbol rate x Capture Oversampling

■ ex) Max. SR : 128MHz Max BW : 40MHz

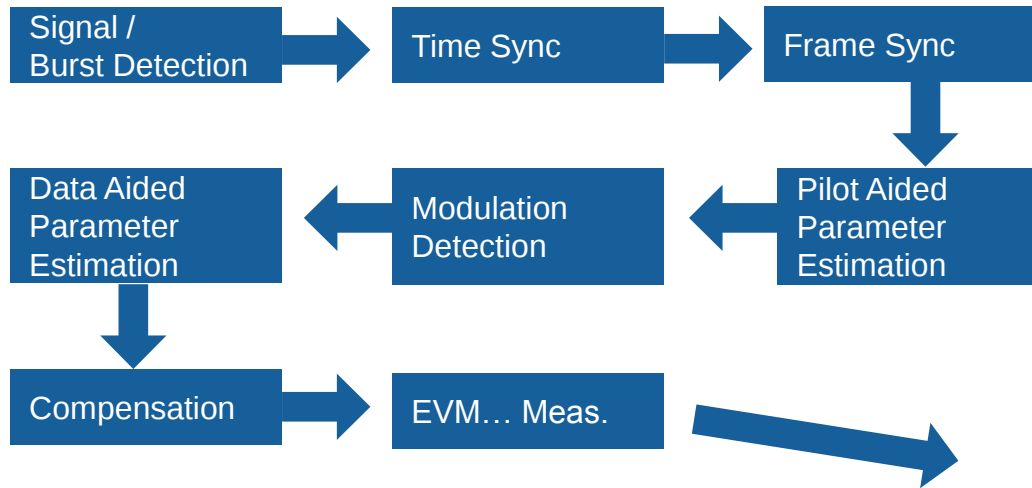
표) maximum usable bandwidth 과 sample rate (RF input) 관계

Signal Processing for VSA



- RF와 IF 필터를 통해 검출된 신호의 ADC
- Digital 신호를 통해 필터링과 Resampling 및 Decimation을 통해 I/Q Memory에 저장
- 통신 규격에 따라 신호의 측정

Signal Processing for VSA



- LTE Advance, LTE, 802.11ac, OFDMA, 3G, Radar
- I/Q constellation
- Spectrum flatness, Group delay, Impulse response
- EVM vs. symbol and carrier, EVM vs. carrier, EVM vs. symbol
- Frequency and phase error
- Power vs. Carrier
- Power Spectrum, Capture buffer



Vector Signal Analysis - Application

- Modulation formats:

- 2FSK, 4FSK

- MSK, GMSK, DMSK

- BPSK, QPSK, Offset-QPSK, DQPSK, 8PSK, D8PSK, $\pi/4$ -DQPSK, $3\pi/8$ -8PSK, $\pi/8$ -D8PSK

- 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM, 512QAM, 1024QAM

- 16APSK (DVB-S2), 32APSK (DVB-S2), 2ASK, 4ASK, $\pi/4$ -16QAM (EDGE), $-\pi/4$ -16QAM (EDGE)

- Analysis length up to 50 000 symbols

- Signal analysis bandwidth 28 MHz (40 MHz, 80 MHz, 160 MHz and 320 MHz)

- User-definable constellations and mappings

- TETRA, APCO25

- Bluetooth®, ZigBee

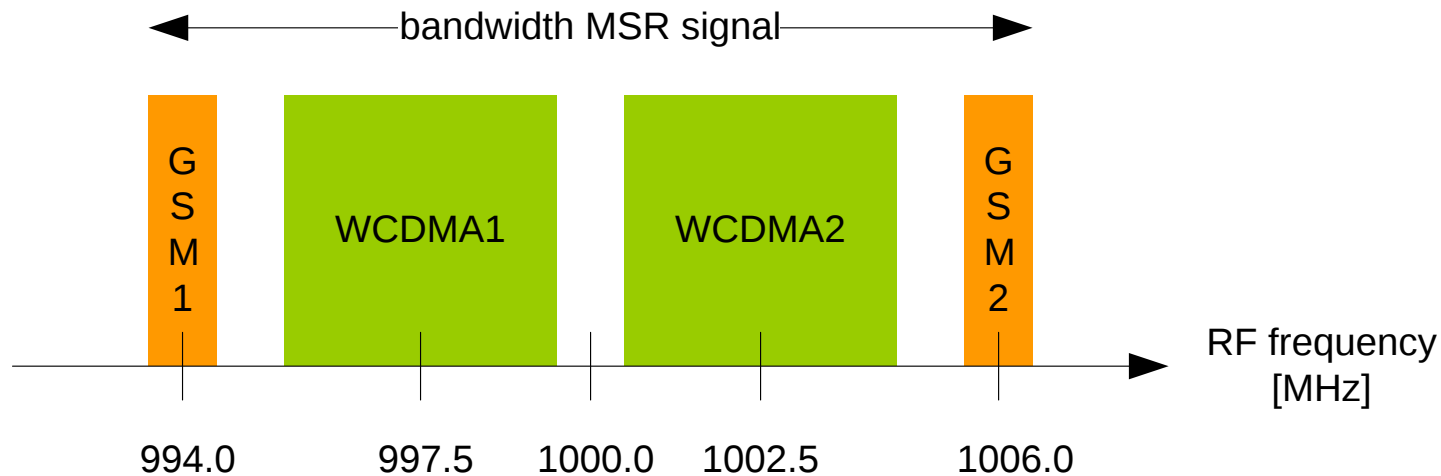
- DECT, DVB-S2

- Option : LTE, LTE-A, 802.11, WiMAX, WCDMA, CDMA, 1xEVDO

What is MSR – Why?

■ MSR stands for Multi-Standard Radio

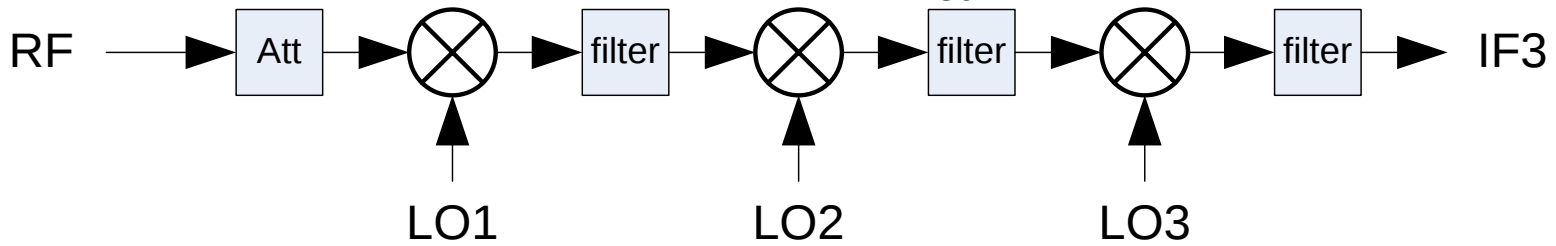
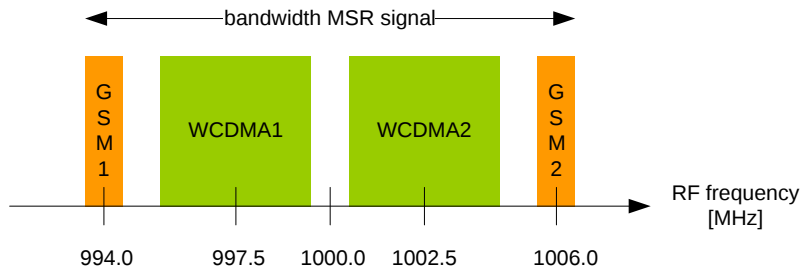
- 다수의 통신규격을 동시에 지원하는 시스템
- RAT – Radio Access Technology
- 3GPP 37.141 에 정의



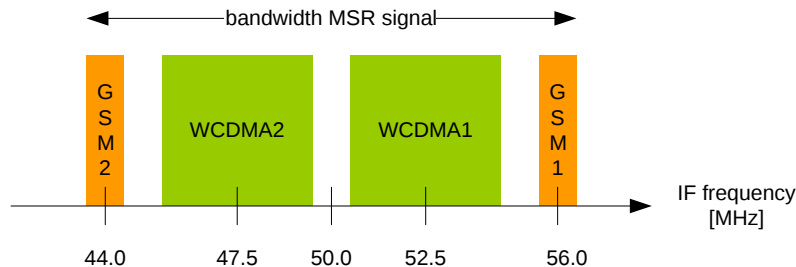
Multi Standard Radio Analyzer(MSRA)

Signal processing Master Analog

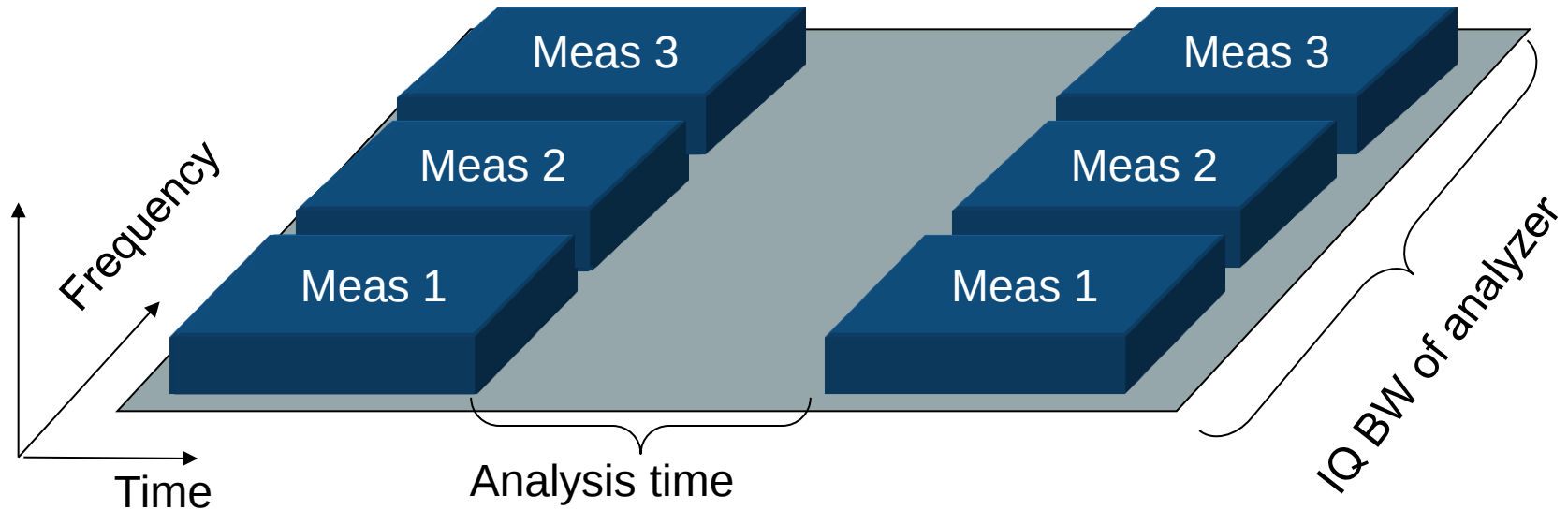
RF



IF3



Multi Standard Radio Analyzer

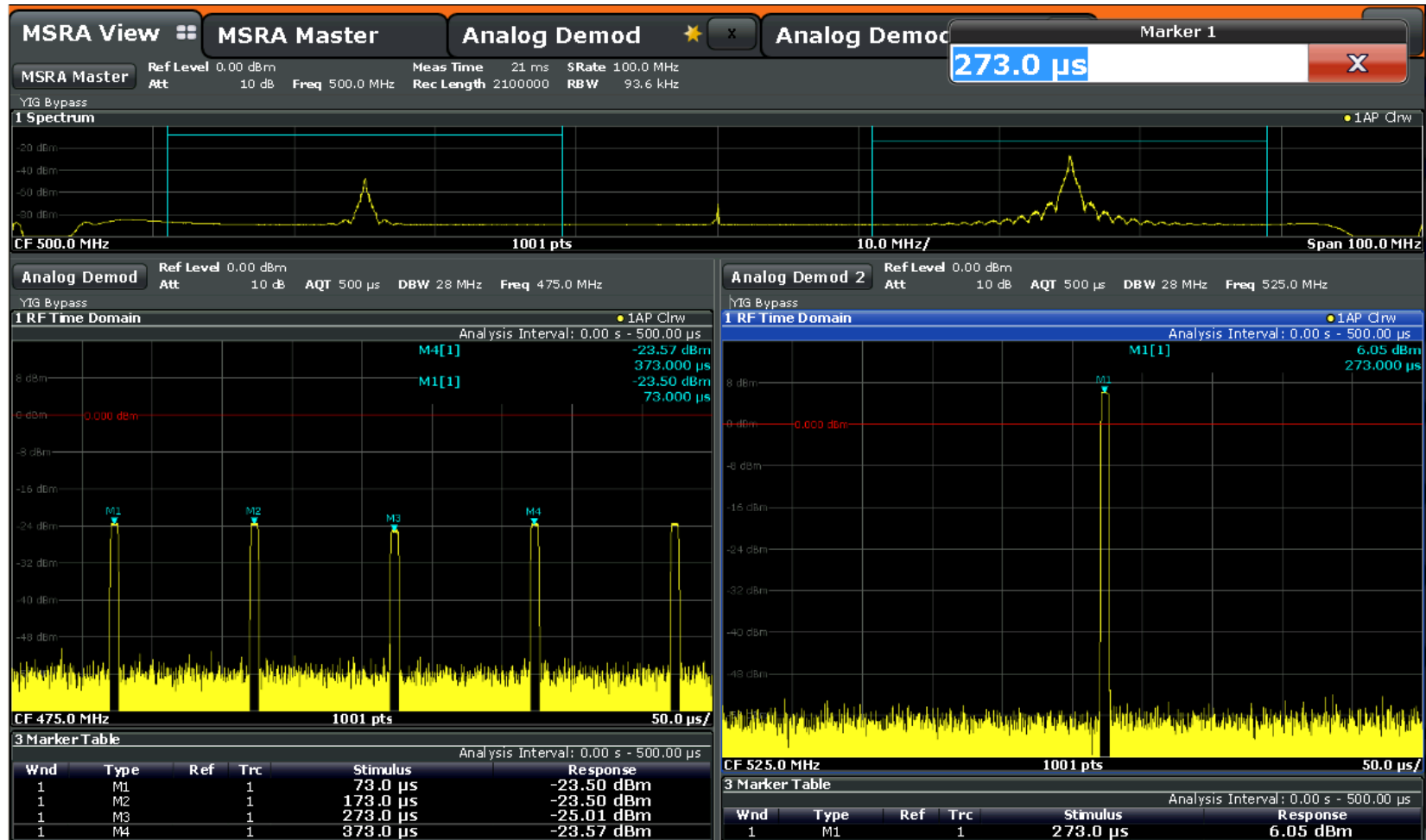


- 분석 대역폭 내의 신호를 동시에 Capture하여 각기 다른 규격의 신호의 측정 결과를 동시에 보여줌
- 각 규격 또는 채널 간의 간섭에 의한 EVM 열화등을 볼 수 있어 인접채널에 대한 분석에 용이
- 이동통신 뿐 아니라 다양한 Digital Modulated 신호 또는 Pulse 분석등에도 활용 가능

Screenshot of R&S FSW MSRA GSM -> WCDMA



Screenshot of R&S FSW MSRA -> Pulses



Signal & Spectrum Analyzer

Multi-Standard Radio Analysis made easy



- I/Q 데이터를 광대역으로 Capture하여 다양한 채널을 동시에 분석
- Important for testing of multi standard radios (WCDMA + GSM + LTE)

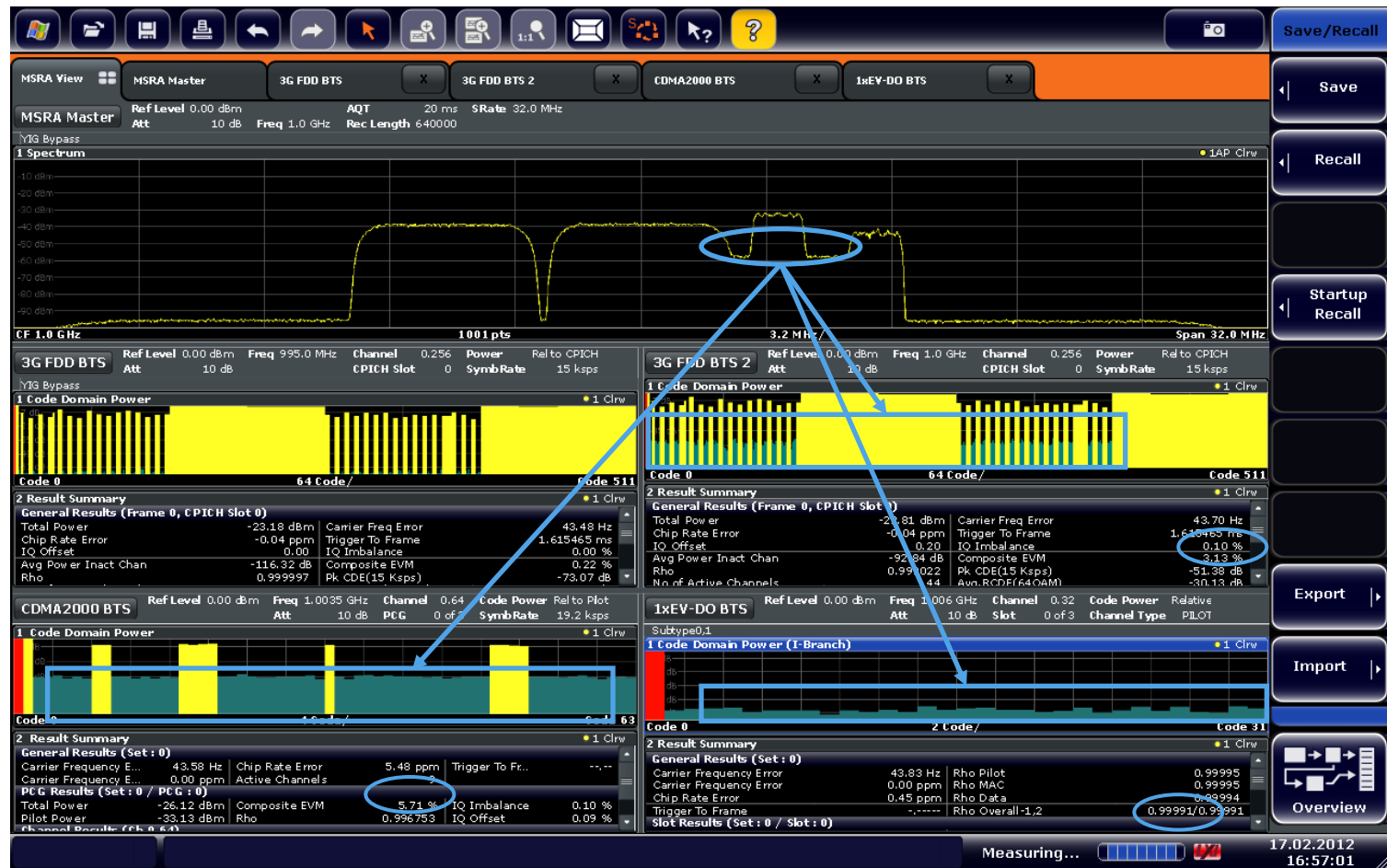
Multi Channel Interference

- Multi Channel을 동시에 분석하여 인접 대역의 변화로 인한 영향을 동시에 측정 할 수 있다.

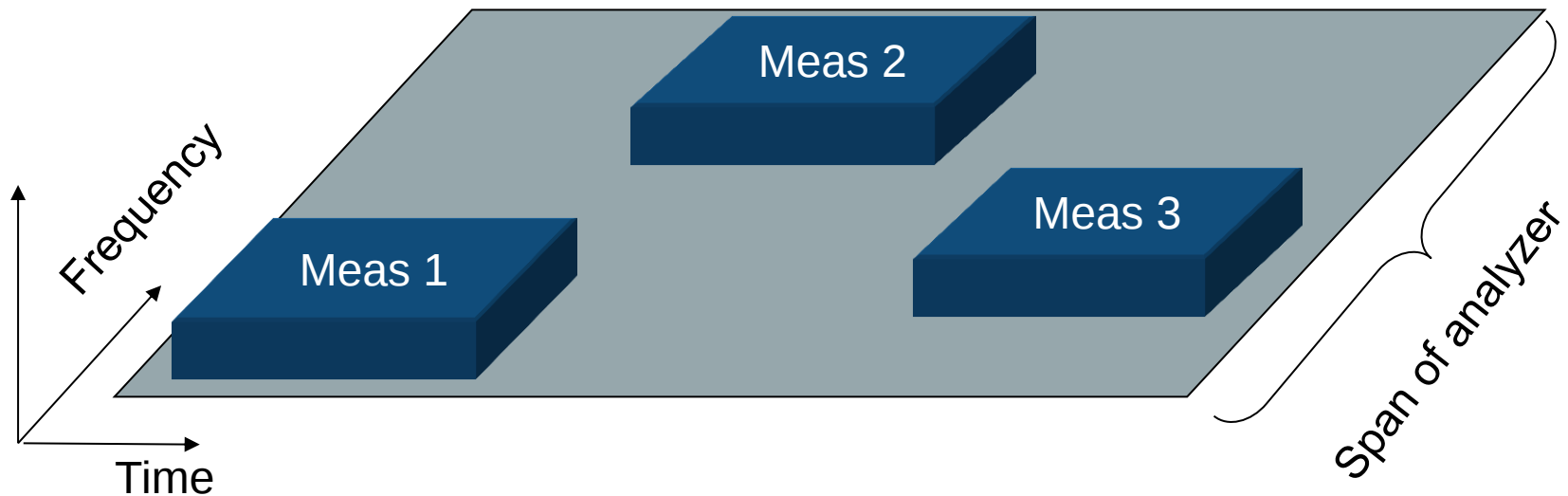


Multi Channel Interference

- 인접 채널의 노이즈 증가로 인한 다른 채널의 신호 품질에 영향을 측정



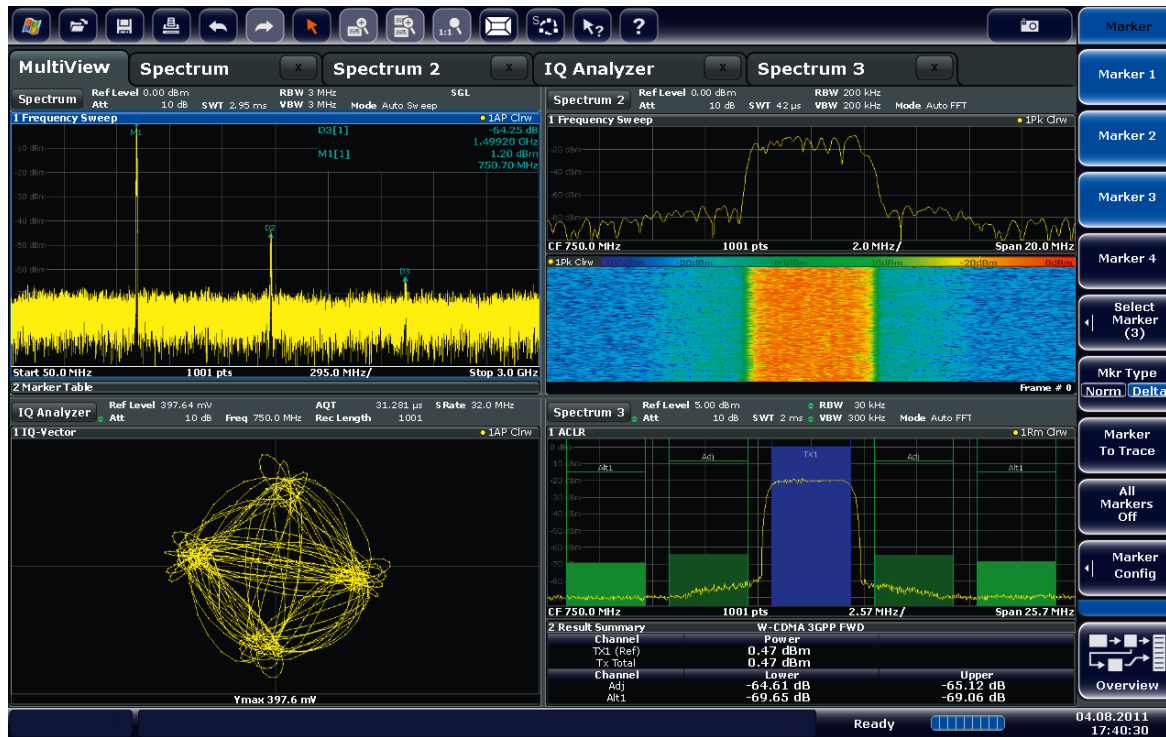
Sequencer



- 분석 대역폭에 관계없이 원하는 채널을 순차적으로 측정 가능한 방법
- 측정 항목이 많을 경우 또는 대역이 넓게 분포된 다수의 채널을 측정해야 하는 경우 등 다양한 Application에 사용 가능
 - 규격에서 원하는 항목을 측정 탭별로 세팅한 후 순차적으로 측정(한번에 Loading)
 - 여러 채널을 Monitoring에 용이

Sequencer - MultiView

- 설정된 각 탭을 순차적으로 측정하고 한 화면을 통해서 보여줌.



- MSRA는 동시간에 분석 대역폭 내 신호를 모두 측정
- Sequencer는 동시간이 아닌 순차적 측정

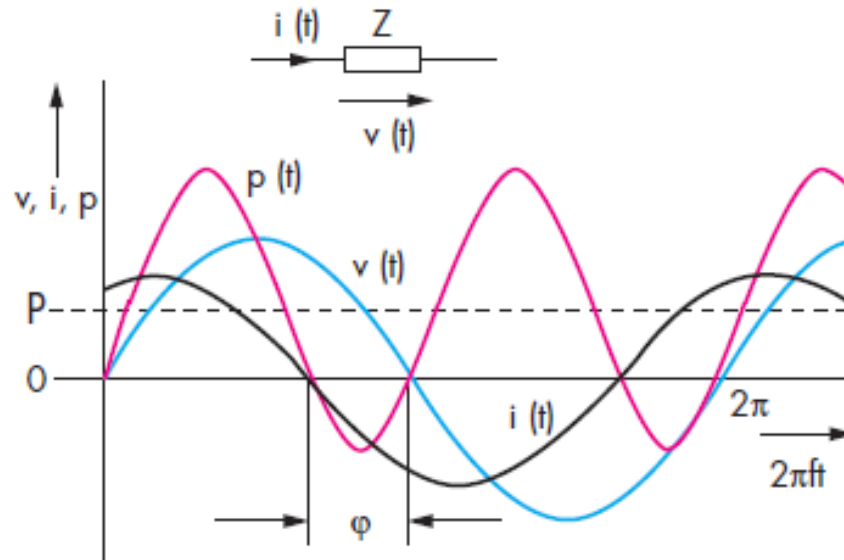
주요 측정 항목 분석 기술

- Channel Power
- CCDF
- Occupied Bandwidth
- Spectrum Emission Mask
- Power by Sensor
- Real Time Spectrum

RF Power Measurement

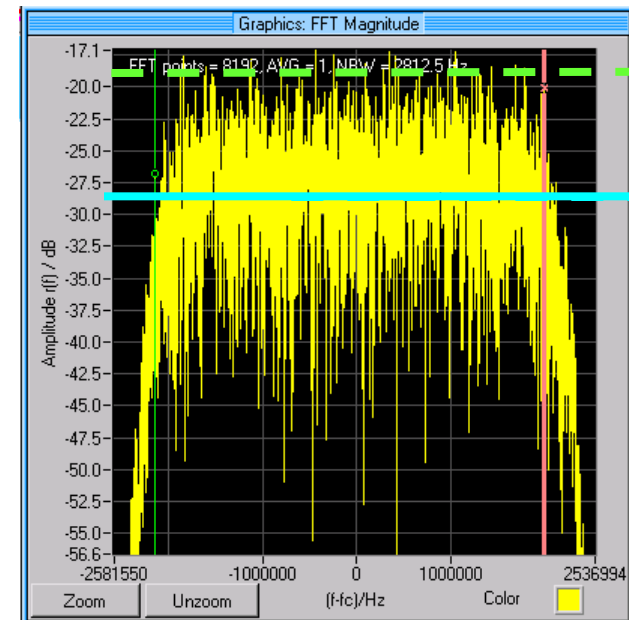
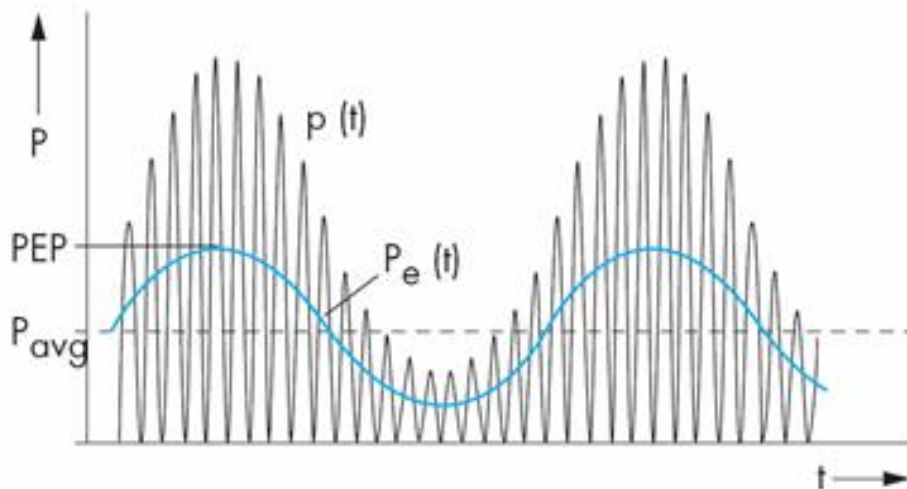
■ 왜 신호 레벨 측정에 파워를 사용하는지?

- 낮은 주파수에서는 V 와 I 를 측정할 수 있으나, 높은 주파수에서는 V 와 I 가 시간에 따라 빠르게 변하기 때문에 측정이 어려움
- Waveguide(도파관)에서는 V 와 I 를 측정할 수 없음



Power Measurement – Modulated Signal

- $P(t)$ Instantaneous Power
- $P_e(t)$ Envelope Power : 한 주기에 의한 평균 파워
- P_{avg} Average Power : 변조주기 동안의 평균 파워
- PEP : Envelope Power 중 가장 큰 값을 의미



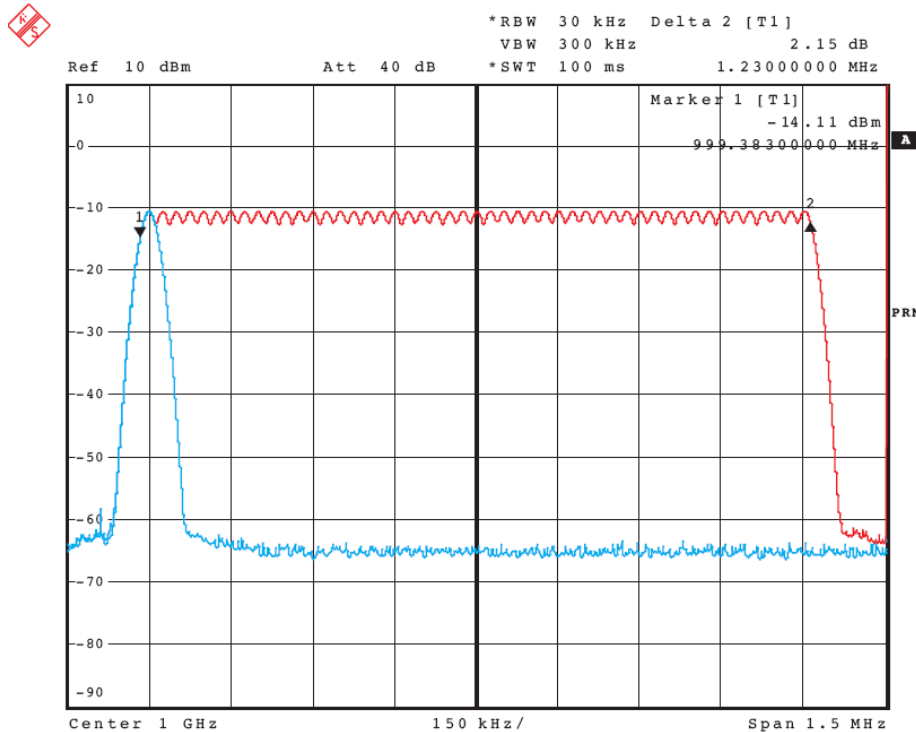
Peak power

Crest factor
≈ 10 dB

P_{avg}
Average power

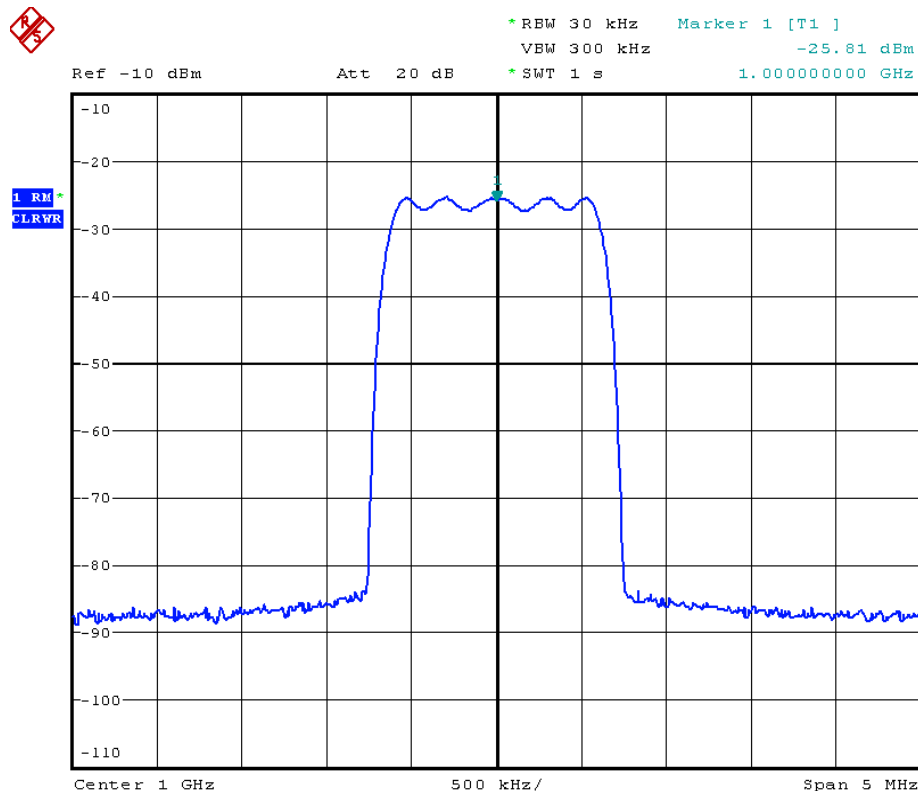
Digital Modulate Signal Channel Power

- 신호는 대역을 이루고 있기 때문에 Marker등을 이용한 Point는 Channel Power와는 다른 값을 나타낸다.
- 같은 전력의 신호라도 대역폭의 크기에 따라 스펙트럼의 분포가 다르게 나타난다.



Digital Modulate Signal Channel Power

- Marker를 사용하게 되면 단순히 설정 RBW에서 측정한 Point값이 나타난다.



- 예제 : 1.23MHz 의 CDMA신호 채널파워 짐작하기

Bandwidth/RBW

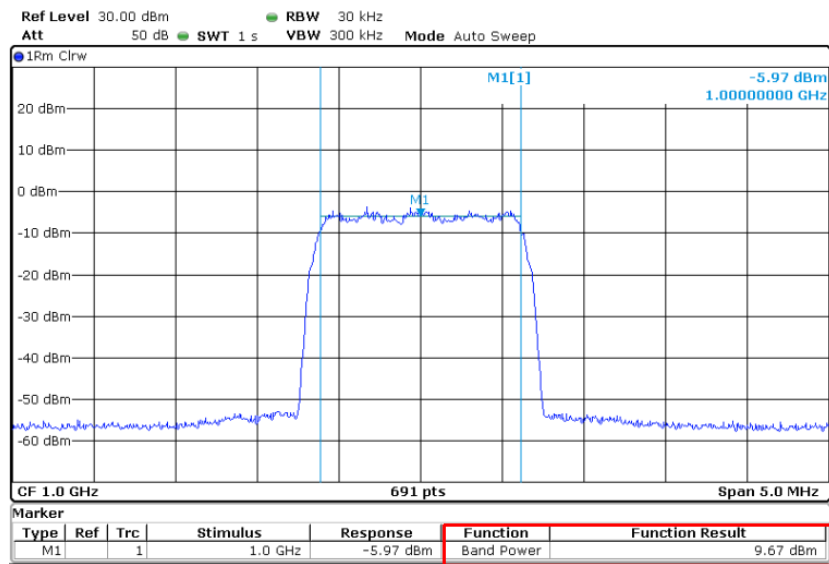
$$10\log(1,230\text{kHz}/30\text{kHz}) = 16.128\text{dB}$$

Marker -25.81dBm

- 채널파워

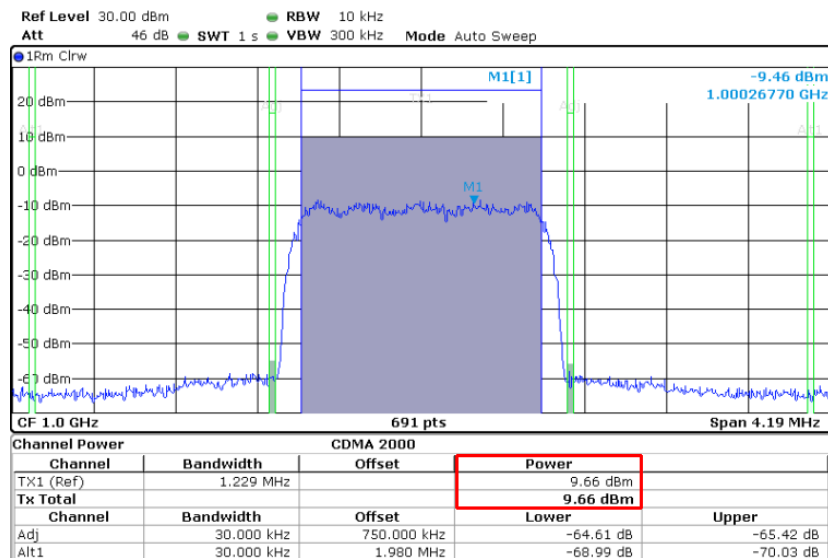
$$-25.81\text{dBm} + 16.128\text{dB} = \mathbf{-9.68\text{dBm}}$$

Digital Modulate Signal Channel Power



■ Marker(Band) 값을 이용한 채널 파워

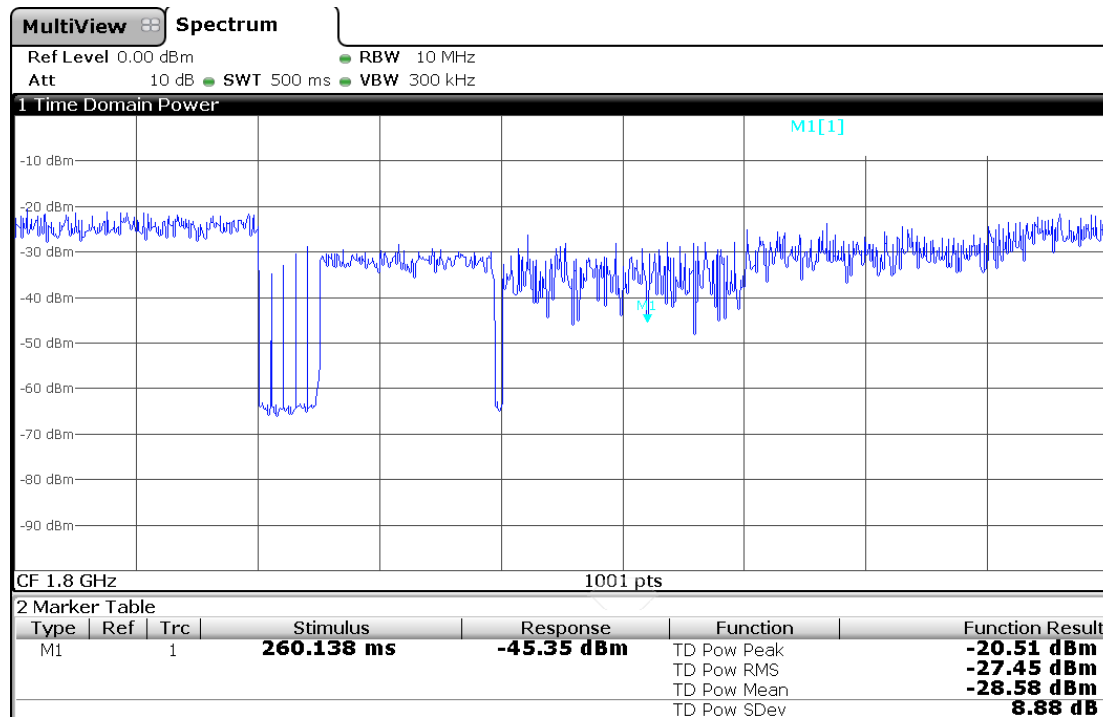
- Marker가 지정된 Span(BW)의 값으로 해당 대역 파워를 계산
- 채널 간격이 불 규칙 적인 신호들과 전파 환경 측정에 용이



■ CP / ACP 기능을 이용한 채널 파워

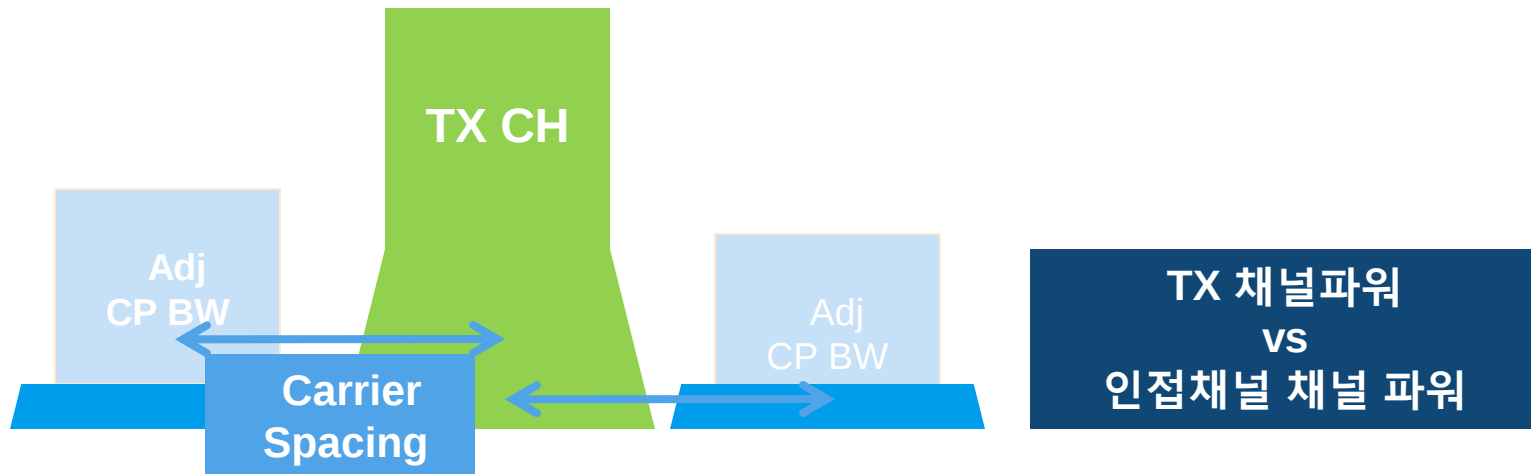
- 채널 BW의 설정을 통해 계산
- ACLR등 인접대역에 다양한 결과 측정 가능

Time Domain Power



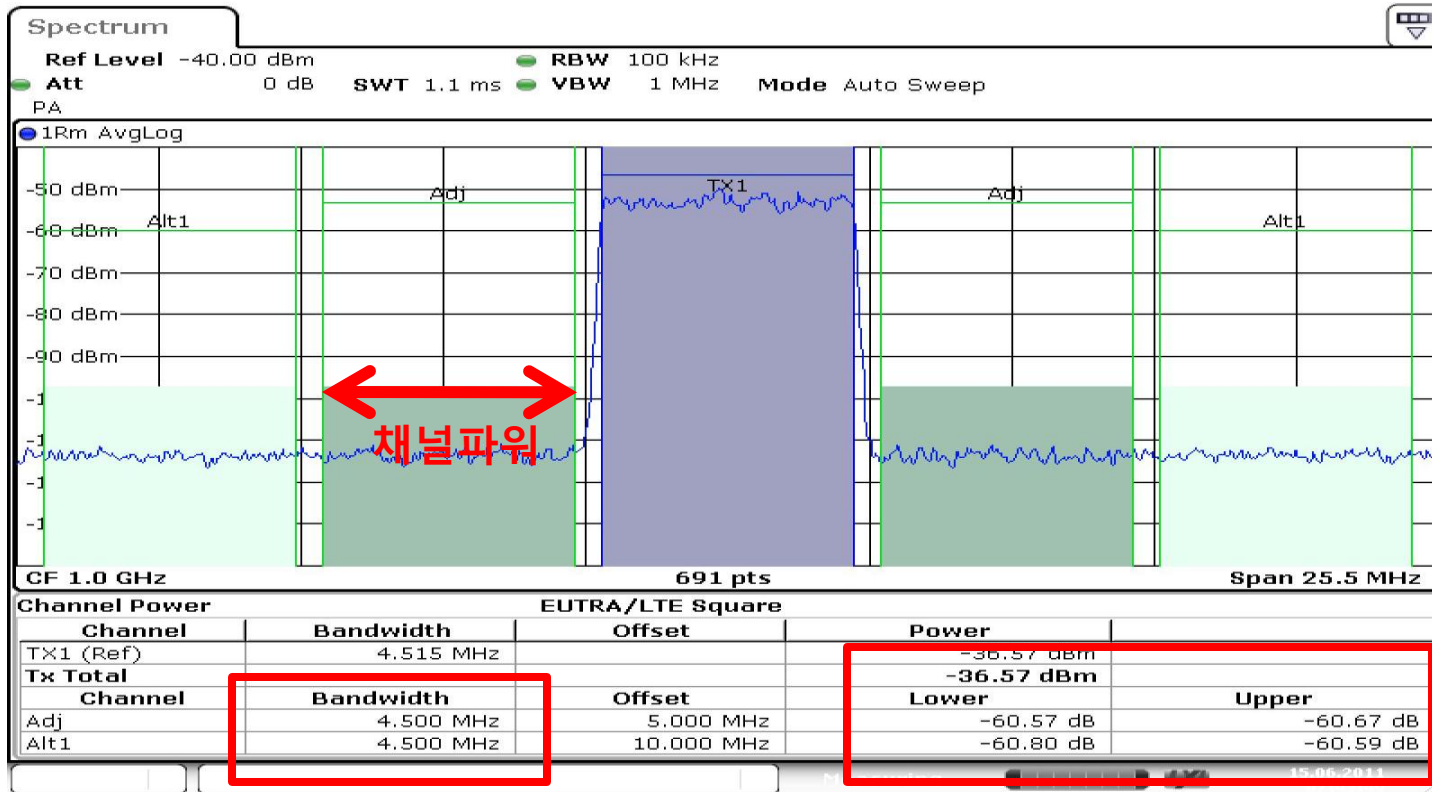
- 전력의 변화가 심한 신호를 측정 시 시간에 따른 변화와 측정 시간 동안의 평균 전력을 계산 할 수 있음.
 - Peak, RMS, Mean 전력을 다양하게 산출 가능 함.

Adjacent Channel Leakage Ratio(ACLR)



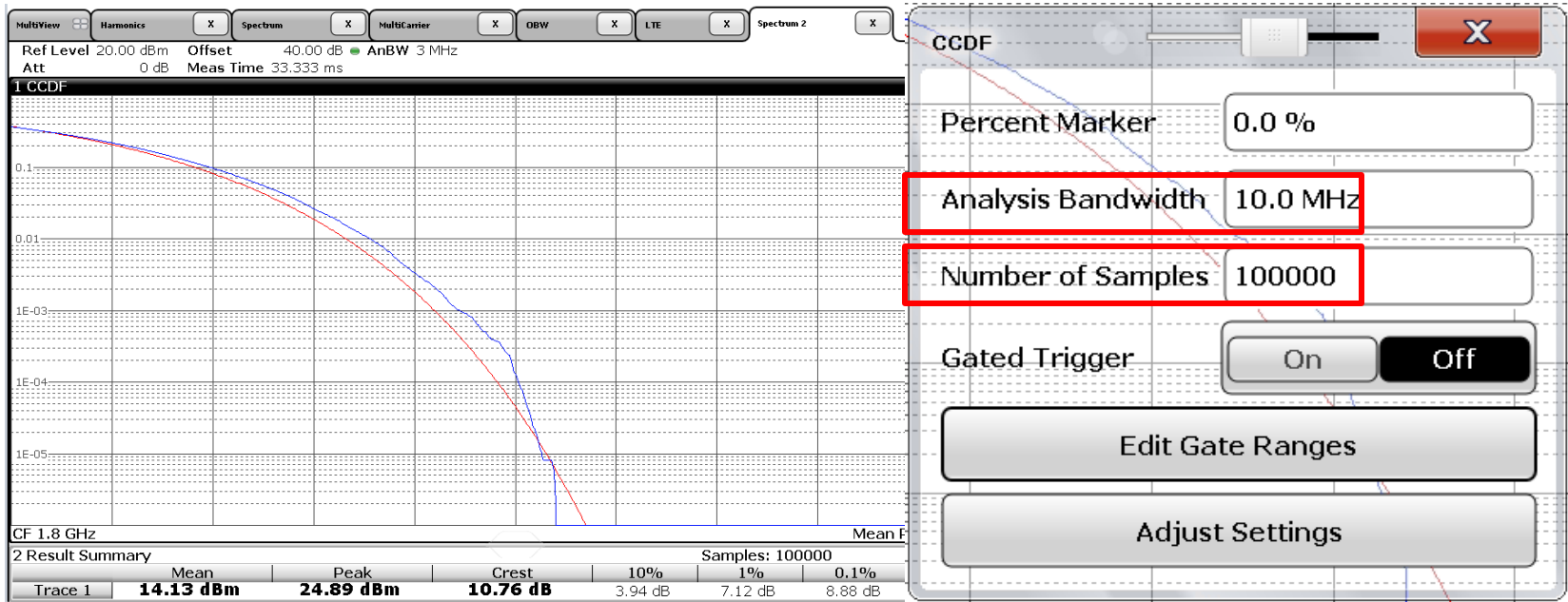
- Ⅰ 송신 채널이 인접 채널에 미치는 영향을 보기 위한 측정
- Ⅰ TX채널 파워와 인접 채널의 노이즈 대역(or 채널파워)을 측정
- Ⅰ 절대 또는 상대 값을 측정
- Ⅰ 측정 장비의 DANL, Trace Noise등이 측정에 영향을 미칠 수 있음
 - Ⅰ 방통위 고시 예 : 10MHz 신호 : 인접채널 누설전력은 가장 낮은 지정주파수와 가장 높은 지정주파수로부터 바깥쪽으로 10MHz 떨어진 주파수의 경우 9MHz 대역 내에 복사되는 전력이 기본 주파수의 평균전력보다 44.2dB 이상 낮은 값 일 것

Adjacent Channel Leakage Ratio(ACLR)



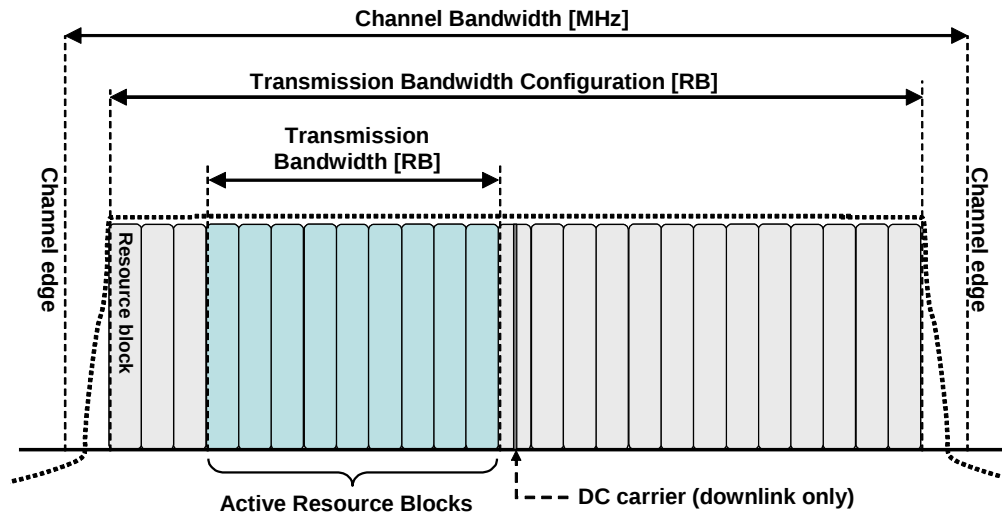
- 송신 신호의 채널 파워와 인접채널의 채널 파워의 차이 기준
- 채널파워의 비교를 통한 정확한 측정이 중요 (해당 BW에 대한 채널 파워)

CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function)



- 디지털로 변조된 신호의 피크 전력 통계치의 특성 분석에 사용되는 방법
 - 신호의 대역폭과 측정에 사용되는 샘플의 수를 통해 분석에 사용
 - Crest Factor(PAPR)을 확인 가능
 - 변조 방식, CFR 등에 많은 차이를 나타낸다.
 - 신호의 BW보다 넓은 Bandwidth로 측정해야 정확한 측정이 가능 하며 분석에 사용되는 샘플의 개수도 중요한 결과에 영향을 미친다.

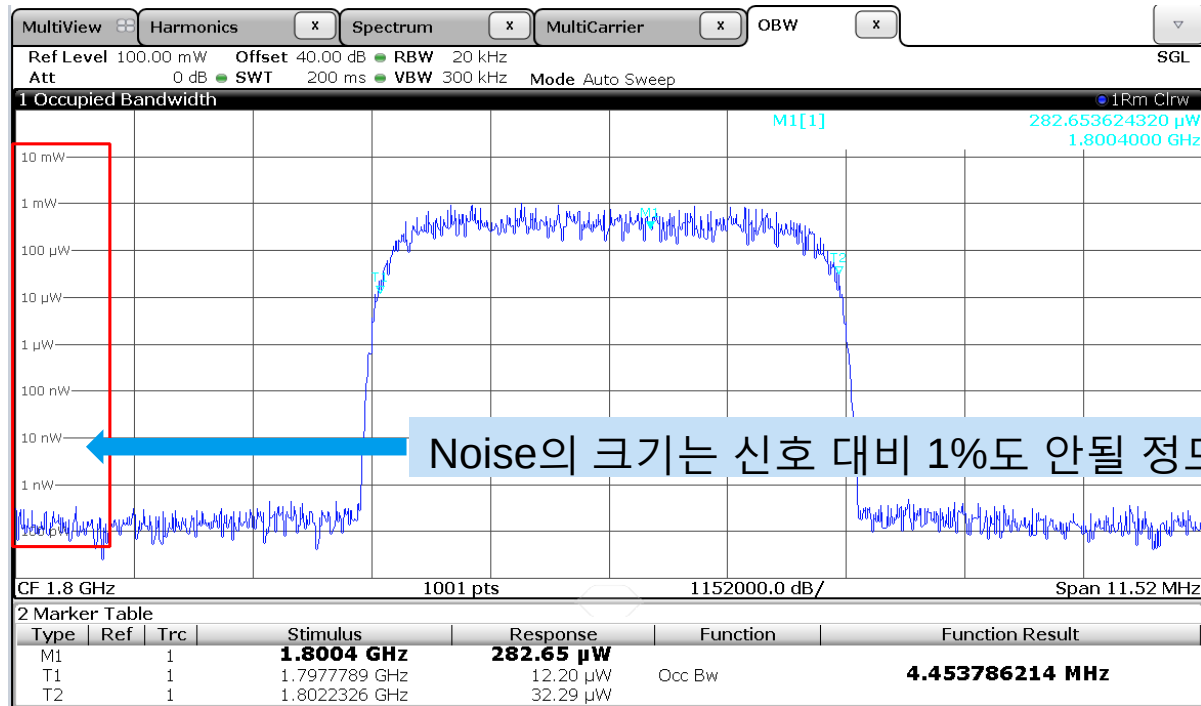
Occupied Bandwidth



■ 점유 대역폭(OBW)

- Channel BW과는 다르게 실제 정해진 Power 밀도 분포를 확인 하기 위한 측정
- Channel BW 대비 약 2~3배 정도의 Span에서 측정
- 일반적으로 Power 밀도의 99% 지점에 대한 측정

Occupied Bandwidth



Noise의 크기는 신호 대비 1%도 안될 정도로 매우 작음

- 스펙트럼에 정해진 Span에서 정해진 전력 밀도가 99%(또는 정한 값)인 지점을 확인 후 OBW를 표시
 - S/N이 확보되지 않은 경우는 정확한 OBW 측정이 불가
 - Multi Carrier인 경우 Span 재 설정이 필요

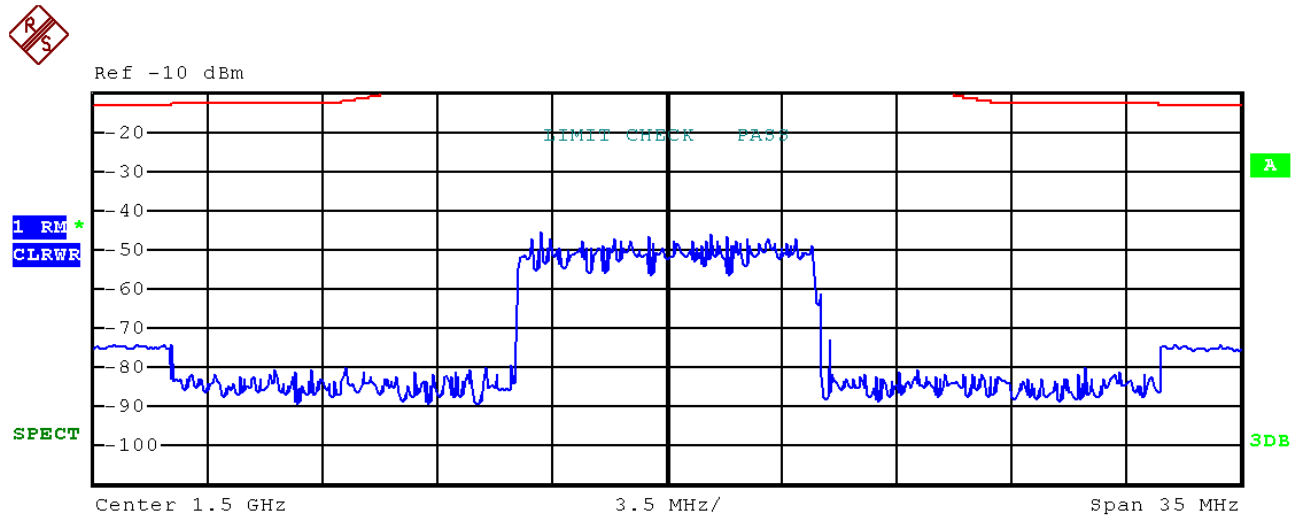
Spectrum Emission Mask

- 채널을 중심으로 채널 좌우를 포함하여 정해진 규정(마스크) 이내에서 허용치를 초과 하지 않는 것을 보기 위한 측정 항목 (대역 외 발사강도)
- 각 구간 별 RBW와 Detector, SWT등이 측정 결과에 중요한 작용을 한다.

Sweep List						
	Range 1	Range 2	Range 3	Range 4	Range 5	
Range Start	-15.05 MHz	-10.05 MHz	-5.05 MHz	5.05 MHz	10.05 MHz	
Range Stop	-10.05 MHz	-5.05 MHz	5.05 MHz	10.05 MHz	15.05 MHz	
Fast SEM	Off	Off	Off	Off	Off	
Filter Type	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian	
RBW	100 kHz	100 kHz	100 kHz	100 kHz	100 kHz	
VBW	1 MHz	1 MHz	1 MHz	1 MHz	1 MHz	
Sweep Time Mode	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto	
Sweep Time	18.97 μ s	18.97 μ s	18.95 μ s	18.97 μ s	18.97 μ s	
Ref. Level	-10 dBm	-10 dBm	-10 dBm	-10 dBm	-10 dBm	
RF Att. Mode	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto	
RF Attenuator	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	
Preamp	Off	Off	Off	Off	Off	
Transducer	None	None	None	None	None	
Limit Check 1	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	
Abs Limit Start 1	-12.5 dBm	-12.5 dBm	100 dBm	-5.5 dBm	-12.5 dBm	
Abs Limit Stop 1	-12.5 dBm	-5.5 dBm	100 dBm	-12.5 dBm	-12.5 dBm	
Rel Limit Start 1	-50 dBc	-50 dBc	300 dBc	-50 dBc	-50 dBc	
Rel Limit Stop 1	-50 dBc	-50 dBc	300 dBc	-50 dBc	-50 dBc	

Spectrum Emission Mask

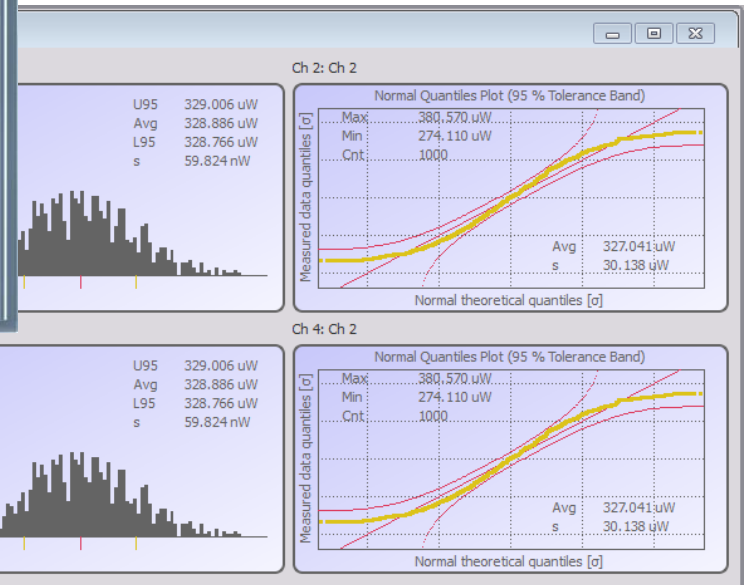
- 규격 정의에 의해 설정 구간 및 RBW값이 정해지고, 이로 인해 스펙트럼 형태가 결정
- Limit Line을 기준으로 Abs(절대값), Rel(상대값) 및 차이를 볼 수 있음.



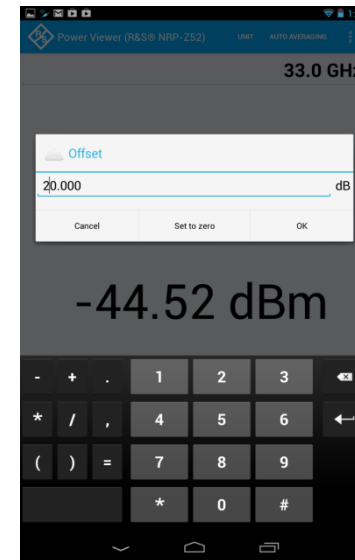
Start [Hz]	Stop [Hz]	RBW [Hz]	Freq [Hz]	PwrAbs [dBm]	PwrRel [dBc]	ΔLimit [dB]
-17.500 M	-15.050 M	1.00 M	1.483830 G	-74.01	-43.42	-61.01
-15.050 M	-10.050 M	100.00 k	1.488030 G	-80.46	-49.86	-67.96
-10.050 M	-5.050 M	100.00 k	1.490200 G	-79.78	-49.18	-67.63
5.050 M	10.050 M	100.00 k	1.509590 G	-81.64	-51.05	-69.78
10.050 M	15.050 M	100.00 k	1.512740 G	-79.88	-49.29	-67.38
15.050 M	17.500 M	1.00 M	1.516870 G	-73.91	-43.32	-60.91

Power Measurement with PC

- PC SW를 통한 파워 모니터링
- Multi Channel 분석 및 Logging 및 Statistical Analysis가능
- CCDF, Time Slot, Pulse, Burst 측정 가능

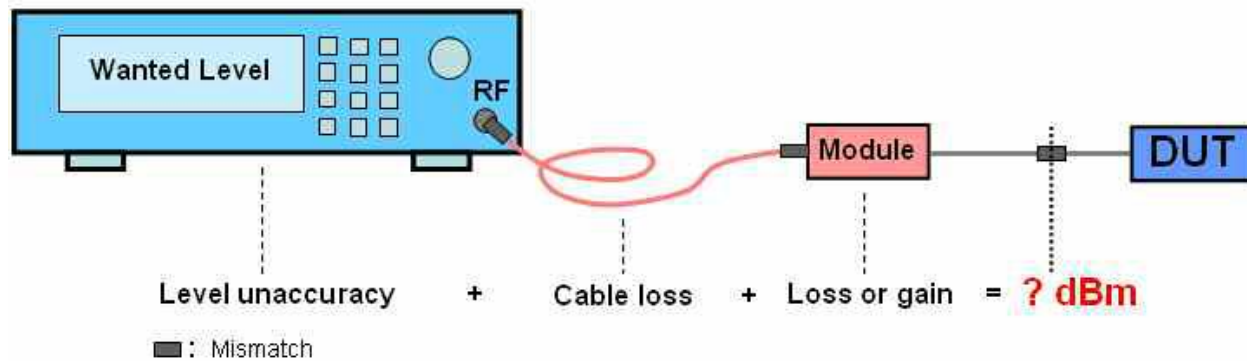


Power Measurement with Android™



- NRP Power Sensor와 OTG cable을 이용하여 Android에서 측정
- Android 4.0 또는 그 이상 버전에서 동작
- 미약한 전류 소모로 배터리에는 소모에는 큰 영향을 미치지 않

Closed Loop Power Control



- 휴대용 Device PAM과 고출력 Amplifier 개발 또는 각종 시스템 평가 등 다양한 Application 환경에서, 개발 DUT에 보다 정확하고 안정적인 신호를 DUT에 인가해야 하지만 신호 발생기의 고유 편차와 케이블 및 액세서리 연결로 인한 Loss와 Mismatch(부정합)으로 인해 원하는 입력 신호가 정확하게 전달되지 않는 문제가 항상 발생

Closed Loop Power Control



- 커플러를 이용하여, DUT측정 시 DUT의 출력 또는 입력 단에서 파워센서를 통해 실시간 모니터링 후 Signal Generator와 Closed Loop Power Control 후 Target Power가 안정적으로 공급 또는 출력되도록 신호를 발생.
- DUT 입력 단(정확한 입력 레벨 공급)과 출력 단(안정적 출력, 정확한 Target Gain확보)에 모두 적용 가능한 Application.

Closed Loop Power Control



- Level Control Sensor를 이용하여 DUT와 바로 연결, 커플러와 같은 별도의 액세서리 없이 실시간으로 정확한 신호 인가. 높은 정확도와 간단한 연결로 R&D, 생산, 교정 등 다양한 분야에 적용 가능.

R&S®NRP Power Meter Family



R&S®NRP2 base unit



R&S®NRP-Z57 thermal power sensor
Frequency range: DC to 67 GHz
Level range: -35 dBm to +20 dBm



R&S®NRP-Z28 level control sensor
Frequency range: 10 MHz to 18 GHz
Level range: -67 dBm to +20 dBm



R&S®NRP-Z24 universal power sensor
Frequency range: 10 MHz to 18 GHz
Level range: -42 dBm to +45 dBm



R&S®NRPV virtual power meter



R&S®NRP-Z5 sensor hub

R&S®NRP Power Meter Family



Operation with
NRP2 Base unit



Standalone operation with USB
adapter NRP-Z4 and NRPV
virtual power meter



Operation on R&S signal generators,
R&S signal analyzers and R&S
network analyzers

Universal Power Sensors	Thermal Power Sensors	Average Power Sensors	Wideband Power Sensor	Two-Path Power Sensors	Level Control Sensors
R&S®NRP-Z11 R&S®NRP-Z21 R&S®NRP-Z22 R&S®NRP-Z23 R&S®NRP-Z24 R&S®NRP-Z31	R&S®NRP-Z51 R&S®NRP-Z52 R&S®NRP-Z55 R&S®NRP-Z56 R&S®NRP-Z57	R&S®NRP-Z91 R&S®NRP-Z92	R&S®NRP-Z81 R&S®NRP-Z85 R&S®NRP-Z86	R&S®NRP-Z211 R&S®NRP-Z221	R&S®NRP-Z28 R&S®NRP-Z98
10 MHz to 33 GHz (sensor dependent)	DC to 67 GHz (sensor dependent)	9 kHz to 6 GHz	50 MHz to 40 GHz	10 MHz to 18 GHz (sensor dependent)	9 kHz to 18 GHz (sensor dependent)
-67 dBm to +45 dBm (sensor dependent)	-35 dBm to +20 dBm (sensor dependent)	-67 dBm to +33 dBm (sensor dependent)	-60 dBm to +20 dBm	-60 dBm to +20 dBm	-67 dBm to +20 dBm (sensor dependent)
Accurate measurements of modulated signals over the whole dynamic range	Highest accuracy for reference applications	EMV tests Calibration of signal generators	Radar pulse measurement Statistics	Cost-efficient solution for accurate measurements of modulated signals	Generate very precise power level together with a signal generator

R&S®NRP – Special Sensors

Power Sensor Modules

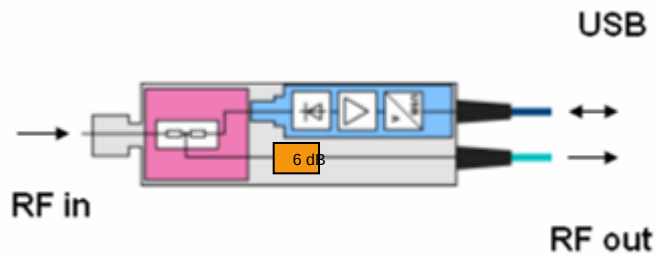


R&S®NRP-Z27

R&S®NRP-Z37

Frequency range: DC to 26.5 GHz

Level range: -24 dBm to +26 dBm



Level Control Sensors

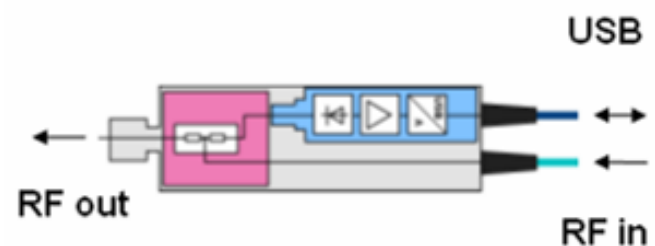


R&S®NRP-Z28

R&S®NRP-Z98

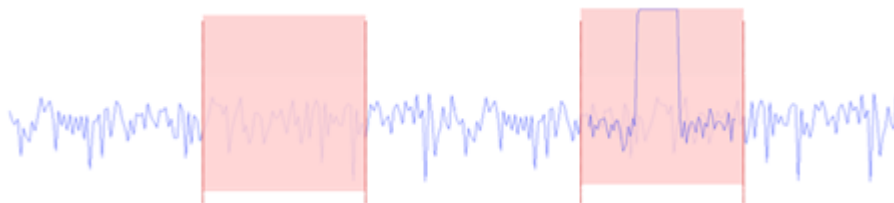
Frequency range: 10 MHz to 18 GHz

Level range: -67 dBm to +20 dBm



Real Time Spectrum?

- 기존의 스펙트럼 분석기는 Sweep 방식을 사용하여 신호를 분석.
- Sweep 방식은 Sweep 구간 이 외에서 일어나는 (매우 짧은 시간 동안) 특정 신호의 변화 또는 주파수 호핑 상태를 정확하게 분석하기 어려움.



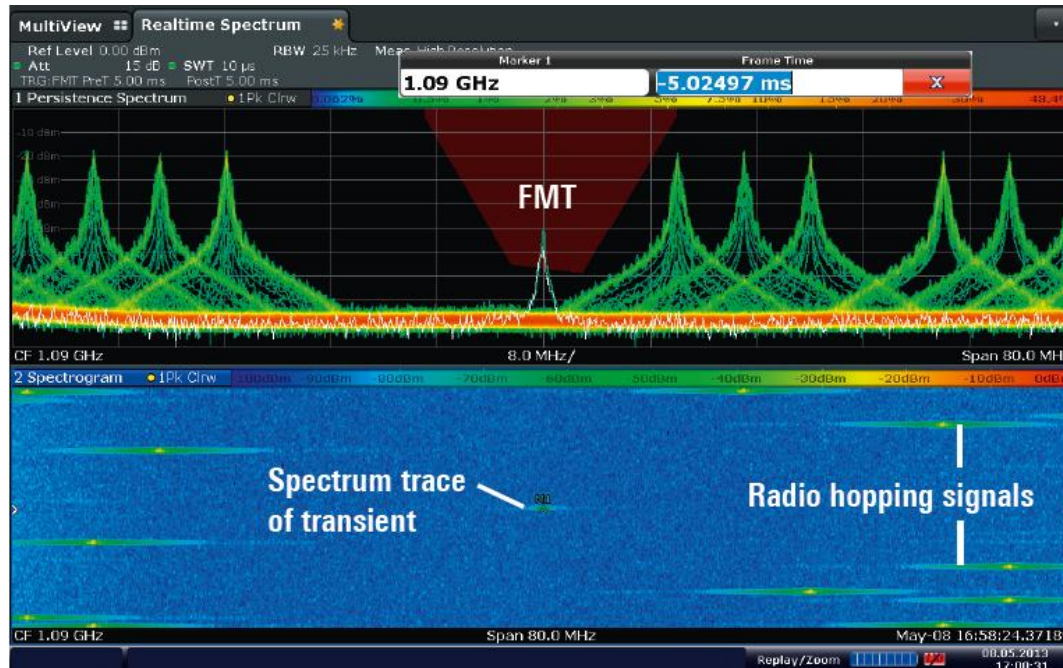
스윙 이 전 또는 이 후에 발생한 신호(붉게 표시)의 검출이 이루어 지지 않는다.

- 간헐적 또는 매우 짧은 시간 동안 발생하는 신호 검출/분석
- 이동통신 개발
- 개발단계에서 발생하는 불요파 성분, 여러 신호의 혼재로 인한 분석의 어려움 해소
- 방해 신호 분석 / 레이더 시스템 분석
- PLL 정착 시간 분석 및 소자 특성 검출 – 주파수 흔들림, 노이즈 변화 측정
- Hopping 신호 분석, 버스트/스위칭 분석
- 신호 모니터링, 불량 전송 (전파 감시)
- 특성 평가 기준 (FMT이용), EMI 테스트, 시간, 주파수 동시 분석

Real Time Spectrum - FMT & Spectrogram

■ Frequency Mask Trigger

- 사용자 지정 마스크에 이벤트 발생시 Trigger 동작
- 특정 이벤트에 대한 신호 처리로 간헐적 비정상 동작 검출에 용이함.



■ Spectrogram

- 분석 대역내의 시간상 Level, Freq변화를 모니터링 가능
- 신호 변화를 시간에 따라 확인 가능

Real Time Spectrum - Persistence

- 기존 Spectrum 상의 Max.Hold로 검출 할 경우 불확도 및 측정 시간이 증가.
- Real Time Spectrum으로 측정 시 Hopping과 Transient 성분까지 검출 가능.
 - Persistence모드 사용시 신호



Spectrum 분석기를 통한 다양한 Application

- Pulse Measurement
- Analog Modulation Analysis AM/FM/ ϕ M
- Multicarrier Group Delay Measurement
- Noise Figure
- Phase Noise
- EMI Measure
- Custom OFDM Analysis
- Distortion Analysis

Appendix

dB?

	전력비		전압비	
dB 값	근사값	실제값	근사값	실제값
0.1dB	$\pm 2\%$	$\pm 2.3\%$	$\pm 1\%$	+1.16% -1.15%
0.2dB	$\pm 4\%$	+4.7% -4.5%	$\pm 2\%$	+2.23% -2.23%
0.5dB	$\pm 10\%$	+12.2% -10.9%	$\pm 5\%$	+5.9% -5.5%
1dB	$\pm 20\%$	+25.9% -20.5%	$\pm 10\%$	+12.2% -11.9%
3dB	2 0.5	1.995 0.501	1.4	1.412 0.798
3.02dB	2 0.5	2.0 0.5	1.414	$\sqrt{2}$ $\frac{1}{\sqrt{2}}$
5dB	3 0.33	3.16 0.316	1.8	1.778 0.562
6dB	4 0.25	3.98 0.25	2	1.995 0.501
10dB	10 0.1	10 0.1	3	3.162 0.316
20dB	100 0.01	100 0.01	10	10 0.1
40dB	10000 0.0001	10000 0.0001	100	100 0.01
60dB	1000000 0.000001	1000000 0.000001	1000	1000 0.001

- dB의 차이는 W로 변환 시 큰 차이가 날 수 있다
- 전력량이 반이 되었을 때 3dB를 많이 사용하지만 실제 3dB차이는 1.995배 또는 0.501배 차이 이다
- 전력량의 차이가 정확하게 ± 2 배는 값은 3.02dB 차이 이다.
- 전력량의 1dB 차이는 약 20% 증가 또는 감소를 나타낸다

VSWR & Return Loss

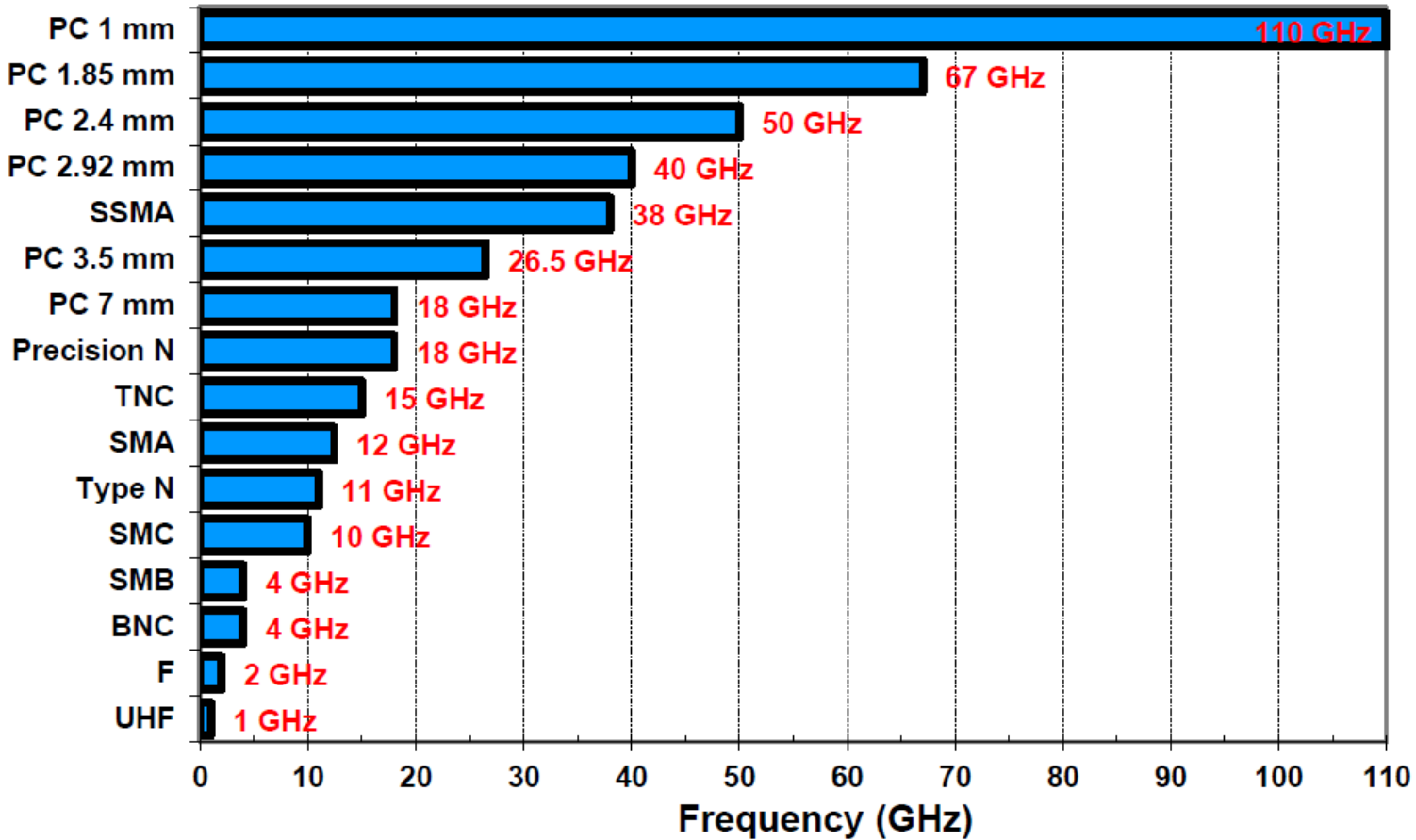
■ VSWR 과 RL의 관계

VSWR (xxx : 1)	Return loss (dB)	반사계수
1.00	∞	0
1.01	46.06	0.005
1.02	40.09	0.01
1.03	36.61	0.015
1.04	34.15	0.02
1.05	32.26	0.024
1.06	30.71	0.029
1.07	29.42	0.034
1.08	28.3	0.038
1.09	27.32	0.043
1.1	26.44	0.048
1.2	20.83	0.091
1.3	17.69	0.13
1.4	15.56	0.167
1.5	13.98	0.2
1.6	12.74	0.231
1.7	11.73	0.259
1.8	10.88	0.286
1.9	10.16	0.3

2	9.54	0.333
2.5	7.36	0.429
3	6.02	0.5
3.5	5.11	0.556
4	4.44	0.6
4.5	3.93	0.636
5	3.52	0.667
5.5	3.19	0.692
6	2.92	0.714
6.5	2.69	0.733
7	2.5	0.75
7.5	2.33	0.765
8	2.18	0.778
8.5	2.05	0.789
9	1.93	0.8
9.5	1.84	0.81
10	1.74	0.818
15	1.16	0.875
100	0.17	0.98
∞	0	1

- 계산법만 다를 뿐 반사량을 지칭하는 동일한 지표
- VSWR 은 기본적으로 dB 스케일이 아닌 Linear 스케일 사용
- VSWR과 RL를 이용하여 임피던스 매칭 상태를 간단하게 판단할 수 있다.
- 일반적으로 안테나 관련 실무에서는 VSWR이 많이 사용된다.

Connector Type별 지원 주파수 범위



주요 참고 Application Notes

1MA201 Measuring with Modern Spectrum Analyzers

1MA215 Using R&S®NRP-Z Power Sensors with Android™HandheldDevices

1MA198 Measuring Multistandard Radio Base Stations according to TS 37.141

1EF80 Spurious Level measurement with Spectrum Analyzers

1EF83 Using R&S FSW for Efficient Measurements on Multi-Standard Radio Base Stations

www.rohde-schwarz.com

로데슈바르츠 홈페이지에서 다양한 Application notes 확인 하실 수 있습니다.

* 본 교재의 내용의 저작권은 Rohde-Schwarz Korea에 있으며 허락 없이 복사하거나 도용 할 수 없습니다.