

より良い EVM 値を得るための、 ダイナミックレンジ最適化手法

~シグナルアナライザ MS2850A を使用する実例~

目次

1	はじぬ	かに	3
2	EVM	の支配的要因	3
3	信号节		3
4	シグナ	トルアナライザ MS2850A の簡易ブロック図	4
5	シグナ	トルアナライザ MS2850A の SNR 最適化方法	5
5	.1 Pr	E-AMP=OFF 時における測定上の注意点	5
5	.2 Pr	E-AMP=ON 時における測定上の注意点(SNR が支配的な場合の例)	7
5	.3 Pr	E-AMP=ON 時における測定上の注意点(歪みが支配的な場合の例)	9
6	入力し	ノベル vs. EVM の測定結果	10
7	まとぬ	b	11
補!	⊋ Διι+	o Rage 機能について	11

1 はじめに

本アプリケーションノートでは、広帯域信号における、より良い EVM 値を測定するための測定手法について説明します。

2 EVM の支配的要因

OFDM 信号の変調精度(EVM)測定において、下記測定器の性能に起因する問題により EVM の測定結果が悪化することがあります。

- · SNR (Signal to Noise Ratio)
- 歪み
- ・位相雑音

位相雑音は測定器固有の性能になりますので、調整することはできません。一方で、SNR と歪みについては、測定器の設定を調整することにより、最適化できます。一般的に測定器の歪成分とノイズフロアが同レベルになるポイントにおいてダイナミックレンジが最大となり、その時に EVM 性能が一番良くなります。またノイズの積分電力は信号帯域幅に比例して大きくなるので、信号の帯域が広がるにつれ、測定器の相対的なダイナミックレンジは低下します。

3 信号帯域幅と SNR の関係

信号の送信電力が一定の場合、帯域幅が広がるにつれ、その電力密度は低下します。

たとえば CW 信号、W-CDMA、LTE(20 MHz BW)、ベライゾン 5G(V5G 1 キャリア)、ベライゾン 5G(V5G 8 キャリア)の 5 つのパターンにおいて、下記条件の信号を出力した際の電力密度、SNR、および SNR から求まる EVM について表 1 にまとめました。

・平均出力レベル: -10 dBm

・平均ノイズ密度: -140 dBm/Hz

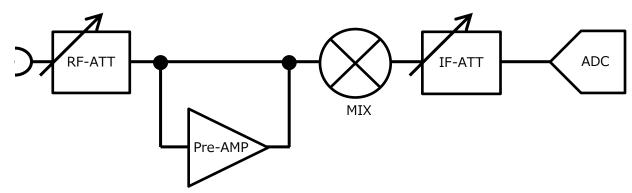
表 1 各種通信方式と SNR の関係

通信方式	送信帯域幅*1	電力密度 [dBm/Hz]	SNR [dB]	SNR に起因する EVM
	[MHz]			[%]
CW	-	-10	130.0	-
W-CDMA	3.84	-75.8	64.2	0.06%
LTE	18	-82.5	57.5	0.13%
V5G(1 キャリア)	90	-89.5	50.5	0.30%
V5G(8 キャリア)	720	-98.6	41.4	0.85%

※1: 有効なサブキャリア数で決まる帯域幅

たとえば、EVM の目標値を<1% (=40 dB) とした場合、W-CDMA の場合は、64.2 dB-40 dB≒24 dB の幅において<1% の領域があるのに対して、V5G(1 キャリア)では、<1%の領域は、10.5 dB と狭まってしまいます。さらに V5G(8 キャリア)においては、<1%の領域はわずか 1.4 dB しかありません。W-CDMA と比べて、V5G の信号は、最適な SNR を得るための設定がはるかに難しくなることがわかります。

4 シグナルアナライザ MS2850A の簡易ブロック図



MS2850A は、レベル調整機構として、RF アッテネータ (RF-ATT)、IF アッテネータ (IF-ATT)、プリアンプ (Pre-AMP) の 3 種類があります。それぞれの役割は下記の通りです。

- ・RF-ATT: RF 段に配置され、ミキサ(MIX)やプリアンプへ入力される電力を調整します。ミキサやプリアンプが歪んだ際に有効です。
- ・IF-ATT: IF 段に配置され、アナログ・デジタル・コンバータ(ADC)に入力される電力を調整します。ADC がオーバーフローした際に有効です。
- ・Pre-AMP: 微弱な信号を増幅し、システム全体の雑音指数 (NF) を改善します。ノイズフロアを低減させたいときに有効です。

RF-ATT と Pre-AMP はユーザが任意に設定できるのに対し、IF-ATT はユーザが任意に設定することはできません。IF-ATT は下記式で一意に決まります。

■ Pre-AMP=OFF 時

IF-ATT[dB] = Reference Level – RF-ATT + 10 ただし、0 dB \leq IF-ATT \leq 10 dB、1 dB Step

■Pre-AMP=ON 時

IF-ATT[dB] = Reference Level - RF-ATT + 30 ただし、0 dB ≤ IF-ATT ≤ 10 dB、1 dB Step

たとえば、Pre-AMP=OFFで、Reference Level=-3 dBm、RF-ATT=4 dB の場合、

IF-ATT[dB] = -3 - 4 + 10 = 3 dB

となります。

5 シグナルアナライザ MS2850A の SNR 最適化方法

5.1 Pre-AMP=OFF 時における測定上の注意点

MS2850A の ADC のオーバーフローレベルは表 2 のように設計されています。ADC がオーバーフローすると画面上に "Level Over"が表示されます。"Level Over"が表示されている状態では正しく測定できませんので、必ず"Level Over"が 点灯していない状態で測定してください。

RF-ATT=0 dB、IF-ATT=0 dB 時の、MS2850A の ADC オーバーフローレベルのターゲット値(シグナルアナライザモード)

表 2 各条件における、ADCのオーバーフローレベル

SPAN	≦31.25 MHz	≦31.25 MHz	≥50 MHz	≧50 MHz
Pre-AMP	Off	On	Off	On
オーバーフローレベ	-7 dBm	-27 dBm	0 dBm	-20 dBm
ルターゲット値 ^{※2, 3}				

※2: 設計値であり、保証された値ではありません ※3: CW 信号入力時にて

たとえば、平均電力: -4 dBm、クレスト比が 14 dB の変調信号を MS2850A に入力する場合を考えます。

上記信号の場合、ピークパワーは+10 dBm(=-4 dBm+14 dB)となります。表 2 の通り、MS2850A はシグナルアナライザモード、SPAN≥50 MHz、RF-ATT/IF-ATT=0 dB の時に、0 dBm で ADC がオーバーフローするように設計されていますので、ADC のオーバーフローを防ぐには、RF-ATT と IF-ATT を合計 10 dB(10 dBm-10 dB=0 dBm)以上入れる必要があります。ただし ATT を必要以上に入れると信号レベルが低下し、その結果 SNR が悪化するため、必要最低限の ATT 値に設定することを推奨します。また ADC のオーバーフローレベルは設計値のため、必要な ATT を入れてもオーバーフローする場合があります。その際は Reference Level を変え IF-ATT を大きくするなどの対処をしてください。

以上より、ADCのオーバーフローを防ぐためには、表3の設定が考えられます。

表 3 RF-ATT と IF-ATT の組み合わせ例

Ref. Level	0 dBm					
RF-ATT	10 dB	8 dB	6 dB	4 dB	2 dB	0 dB
IF-ATT ^{**4}	0 dB	2 dB	4 dB	6 dB	8 dB	10 dB

※4: IF-ATT は Reference Level と RF-ATT より一意に決まり、ユーザによる設定は不可

表3のうち、どの設定でダイナミックレンジが最適になるかを実測をもとに説明します。

RF-ATT=10 dB、IF-ATT=0 dB





RF-ATT=0 dB、IF-ATT=10 dB

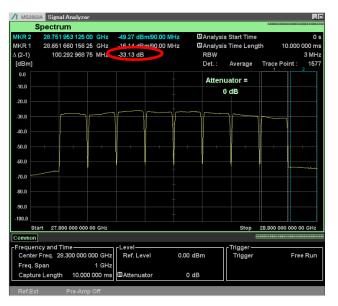




表 4 ATT 設定ごとの SNR、 EVM の測定結果

	SNR (CC7)	EVM (CC7)
RF-ATT=10 dB, IF-ATT=0 dB	-31.39 dB	2.98 %
RF-ATT=4 dBm, IF-ATT=6 dB	-33.11 dB	2.36 %
RF-ATT=0 dBm, IF-ATT=10 dB	-33.13 dB	2.35 %

表 4 より、RF-ATT を小さくし、IF-ATT を大きくしたほうが、SNR、EVM ともに改善していることがわかります。一般的に、前段の NF がシステム全体の NF に大きく影響します。よって RF-ATT を 10 dB 入れるよりも、IF-ATT を 10 dB 入れた方が、システム全体の NF が改善します。その結果、SNR が取れるようになり、EVM が改善します。ただし RF-ATT=0 dB に設定すると、MIX や Pre-AMP 等の影響で電圧定在波比 (VSWR)が悪化し、レベル確度や周波数特性が悪化する可能性があるため、RF-ATT=4 dB 程度を入れておくことをお勧めします。

5.2 Pre-AMP=ON 時における測定上の注意点(SNR が支配的な場合の例)

本項では、5.1 項より低い信号レベルの場合について検討します。たとえば、平均信号レベル: -20 dBm、クレスト比が 14 dB の変調信号を入力することにします。

上記変調信号の場合、ピークパワーは-6 dBm (=-20 dBm+14 dB) となります。

5.1 項で述べたとおり、シグナルアナライザモード、SPAN≥50 MHz、Pre-AMP=Off、RF-ATT=0 dB、IF-ATT=0 dB にて、0 dBm をターゲットとして ADC がオーバフローするように設計されています。よって Reference Level=-10 dBm、RF-ATT=0 dB(IF-ATT=0 dB)の条件で、ADC をオーバーフローさせずに測定が可能です。 しかし、平均信号レベルが-20 dBm と低いため、ノイズフロアの影響を受け SNR は悪化します。加えて RF-ATT=4 dB とした場合は、システム全体の NF は 4 dB 悪化しますので、SNR はさらに 4 dB 悪化します。

この条件での測定結果を以下に示します。

RF-ATT=0 dB、IF-ATT=0 dB





RF-ATT=4 dB、IF-ATT=0 dB





表 5 ATT 設定ごとの SNR, EVM の測定結果

	SNR (CC7)	EVM (CC7)
RF-ATT=0 dB, IF-ATT=0 dB	-25.73 dB	5.65%
RF-ATT=4 dB, IF-ATT=0 dB	-22.78 dB	8.02%

このように信号レベルが低く、ノイズフロアの影響にて SNR が悪化している場合は、Pre-AMP=ON とすることにより、SNR を改善することができます。Pre-AMP は RF-ATT の直後に配置されているため、ON にすることにより、システム全体の NF を改善し、ノイズフロアを低減することができます。

MS2850A は、表 2 で示した通り、Pre-AMP=On の時は、-20 dBm にて ADC がオーバーフローするように設計されています。よって、5.1 項と同様に考えると、RF-ATT と IF-ATT を、合計 15 dB(-5-(-20))以上入れる必要があります。

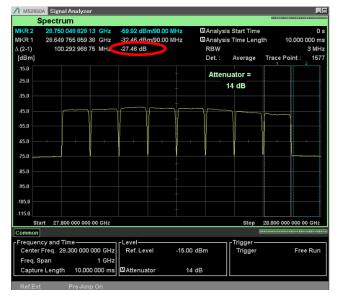
表 6 RF-ATT と IF-ATT の組み合わせ例

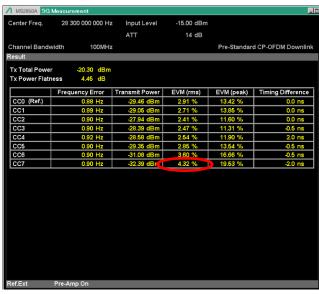
Ref. Level	-15 dBm				
RF-ATT	14 dB	12 dB	10 dB	8 dB	6 dB
IF-ATT ^{**5}	1 dB	3 dB	5 dB	7 dB	9 dB

※5: IF-ATT[dB] = Reference Level - RF-ATT + 30 ただし、0 dB ≤ IF-ATT ≤ 10 dB、1 dB Step

以下に実測結果を示します。

RF-ATT=14 dB、IF-ATT=1 dB





RF-ATT=6 dB、IF-ATT=9 dB





表 7 ATT 設定ごとの SNR, EVM の測定結果

	SNR (CC7)	EVM (CC7)
RF-ATT=14 dB, IF-ATT=1 dB	-27.46 dB	4.32%
RF-ATT=10 dB, IF-ATT=5 dB	-28.88 dB	3.68%
RF-ATT=6 dB, IF-ATT=9 dB	-29.60 dB	3.35%

以上のように、Pre-AMP を OFF→ON とすることにより、SNR が改善し、EVM が 5.65%→3.35%まで改善しました。また 5.1 項と同様に RF-ATT よりも IF-ATT を多く入れることにより、システム全体の NF が改善し、EVM が良くなります。

5.3 Pre-AMP=ON 時における測定上の注意点(歪みが支配的な場合の例)

本項では、5.2 項と同じ、平均信号レベル: -20 dBm、クレスト比が 14 dB の条件で、シンプルキャリア信号を測定した 結果を示します。

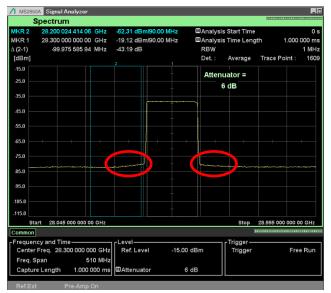
表 8 ATT 設定ごとの SNR、 EVM の測定結果

	SNR	EVM
RF-ATT=14 dB, IF-ATT=1 dB	41.51 dB	1.07%
RF-ATT=10 dB, IF-ATT=5 dB	43.00 dB	1.02%
RF-ATT=6 dB, IF-ATT=9 dB	43.19 dB	1.14%

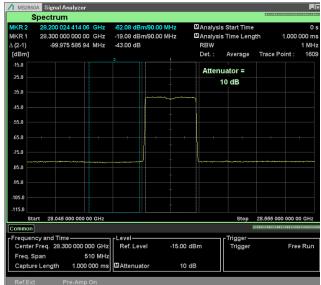
Pre-AMP=OFF 時や Pre-AMP=ON、 8 キャリア時は RF-ATT を小さくし、IF-ATT を大きくした方が SNR、EVM ともに良くなる傾向にありましたが、Pre-AMP=ON、 シンプルキャリア時は EVM の最適条件が異なります。これは 2 項で説明した、測定器の歪みの影響を受けるためです。同じ出力レベルの場合、8 キャリアに比ベシンプルキャリアは、電力密度が 8 倍になります。その結果、Pre-AMP が歪みの影響が大きくなり、EVM が悪化します。以下に RF-ATT=6 dB と 10 dB のときの波形を示します。赤丸部を見ると、RF-ATT=6 dB のときは Pre-AMP にて信号が歪んでいることがわかります。

Pre-AMP の歪性能は、周波数、帯域幅、クレスト比で変化し、かつ製品ごとに個体差があるため、波形を見ながら RF-ATT を調整してください。

ATT=6 dB



ATT=10 dB

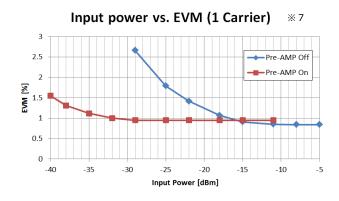


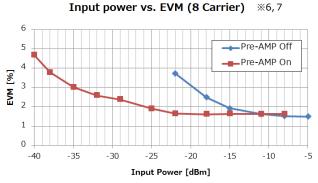
6 入力レベル vs. EVM の測定結果

これまでは、最適な EVM 値を得るための測定手法について、説明してきましたが、本章では実際にそれぞれの入力レベルにてダイナミックレンジを最適化した場合の、EVM の測定結果を示します。

測定周波数: 28.3 GHz

使用波形: V5G(1キャリア)、V5G(8キャリア)





測定結果から見てもわかる通り、入力レベルが低い場合は Pre-AMP=On の方がより良い結果が得られています。加えて Pre-AMP=Off よりも Pre-AMP=On で測定したほうがよい Input Power の閾値は、1 キャリア時が約-16 dBm に対し 8 キャリア時は約-11 dBm です。これは表 1 でも説明した通り、1 キャリア時は、8 キャリア時に比べ電力密度が高く、測定器のノイズフロアの影響を受け難いため、Pre-AMP=Off でも EVM が悪化しづらいことを示しています。一方で 8 キャリアは 1 キャリア時に比べて電力密度が低く、測定器の歪よりもノイズフロアの影響の方が支配的になります。そのため Pre-AMP=On とする Input Power が高くても、EVM が改善しているのです。

一般的に測定器の Pre-AMP は歪みを悪化させますが、信号が広帯域化されることで電力密度が低くなり、Input Power が高めでも歪みを悪化させることなく S/N の改善を図ることが可能になります。つまり入力する信号の帯域幅やクレスト比によって、Pre-AMP を On/Off させる閾値は変える必要があるのです。

- ※6 8 Carrier 信号の測定結果は、CCO から CC7 までのそれぞれの EVM 値を平均した値です。
- ※7 EVM 値が一致するレベルは製品ごとに個体差があるため、個別に確認する必要があります。

7 まとめ

本アプリケーションノートでは、広帯域信号における、より良い EVM 値を測定するための、測定手法について説明しました。下記に注意して測定頂くことにより、より良い EVM 値を測定できるようになります。

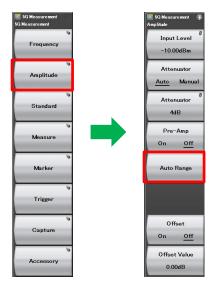
- 変調信号の帯域が広がることにより、SNR の最適化は難しくなり、シビアな調整が必要になります
- 変調波のピークパワーが ADC のオーバーフローレベルを超えないように、ATT を入れる必要があります
- 歪みの影響よりも SNR の影響が大きい場合は、IF-ATT を多く入れることにより、SNR が改善します。ただし、VSRW が悪化しますので、RF-ATT は 4 dB 程度入れておくことをお勧めします。
- 特に Pre-AMP On 時は歪みの影響で EVM が悪化することがありますので、波形を見ながら ATT を調整してください。

※本アプリケーションノートに記載されている測定値は、あくまでも実測値であり、保証される値ではありません。

補足 Auto Rage 機能について

ソフトウェアバージョン 12.01.00 以降では、5G 測定ソフトウェア MX285051A に Auto Range 機能が追加されています。本機能を使用することにより、煩雑な計算をすることなく、EVM を最適化することができます。しかしながら、より良い値を得るためには、本アプリケーションノートにて記載した手順による調整が必要です。特に Pre-AMP=On の場合は、周波数や入力レベル、キャリア数などにより、EVM の測定結果が影響を受けますので、調整が必要となります。尚、Auto Range 機能は下記手順にて実施できます。

Amplitude を選択 → Auto Range を押下





■計測器の使用方法、その他については、下記までお問い合わせください。

受付時間/9:00~12:00、13:00~17:00、月~金曜日(当社休業日を除く)

お見積り、ご注文、修理などは、下記までお問い合わせください。 記載事項は、おことわりなしに変更することがあります。

2017-11 MG No. MS2850A-J-F-1-(1.00)

1710

アンリツ株式会社

計測サポートセンター

TEL: 0120-827-221 (046-296-6640)

https://www.anritsu.com 本社 〒243-8555 神奈川県厚木市恩名5-1-1 TEL 046-223-1111 ご使用の前に取扱説明書をよくお読みのうえ、正しくお使いください。 厚木 〒243-0016 神奈川県厚木市田村町8-5 TEL 046-296-1202 FAX 046-296-1239 計測器営業本部 計測器営業本部 営業推進部 TEL 046-296-1208 FAX 046-296-1248 仙台 〒980-6015 宮城県仙台市青葉区中央4-6-1 住友生命仙台中央ビル 計測器営業本部 TEL 022-266-6134 FAX 022-266-1529 名古屋〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19 住友生命名古屋ビル 計測器営業本部 TEL 052-582-7283 FAX 052-569-1485 大阪 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-23-101 大同生命江坂ビル 計測器営業本部 TEL 06-6338-2800 FAX 06-6338-8118 福岡 〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田1-8-28 ツインスクエア 計測器営業本部 TEL 092-471-7656 FAX 092-471-7699 ■カタログのご請求、価格・納期のお問い合わせは、下記または営業担当までお問い合わせください。 計測器営業本部 営業推進部 TEL: 0120-133-099 (046-296-1208) FAX: 046-296-1248 受付時間/9:00~12:00、13:00~17:00、月~金曜日(当社休業日を除く) E-mail: SJPost@zy.anritsu.co.jp

E-mail: MDVPOST@anritsu.com ■本製品を国外に持ち出すときは、外国為替および外国貿易法の規定により、日本国政府の輸出許可または役務取引許可が必要となる場合があります。 また、米国の輸出管理規則により、日本からの再輸出には米国商務省の許可が必要となる場合がありますので、必ず弊社の営業担当までご連絡ください。

再生紙を使用しています。