

テクニカルノート

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報 Q5/SG4 専門家会合報告

Copyright©2004、アンリツ株式会社
許可なしに転載、複製することを禁じます。

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報 Q5/SG4専門家会合報告

2004年 10月

アンリツ株式会社
IPネットワーク事業部

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

1

2004年9月27日～30日にITU-T SG4/Q5の専門家会合が行われました。会合報告をまとめましたので紹介致します。

ITU-T Q5/SG4 専門家会合結果概要 (1/2)

Summary

Q5専門家会合(2004.09.27 – 30)の結果、以下のアウトプットがあった。

- (a) Revised draft O.172 (WD22)
- (b) NPLへの非公式なレポート (WD23)
- (c) 課題の見直し (WD24)

Draft O.172 (Oct.2004)については、Appendix VII、Appendix VIIIともに、いくつかの検討課題が残ったが、次のITU-T本会合 (2005.03)でコンセントする準備は整った。

会合資料:ITU-Tメンバーの方は下記URLより全てのドキュメント入手が可能です。

<http://ties.itu.int/u/tsg4/sg4/rapporteur-meetings/2004-09-South> Queensferry/

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

2

ITU-T Q5/SG4 専門家会合が、2004年9月26日～30日にスコットランドの Queens ferry で開催されました。会合の結果、ここに示した3つのアウトプットがありました。1件目は、今回の検討結果を反映した Draft O.172 最新版をドキュメント番号(WD22)として更新しました。主な変更点は、2004年5月の会合で課題として残ったジッタ検証方法 (Appendix VII, VIII) に対する内容です。詳細は後ほど説明します。2件目は、ジッタテストの検証方法である Appendix VII, VIII に関して、第三者校正機関としての立場から議論に参加してくれた NPL(National Physical Laboratory)に対して非公式なレポート(残課題)を作成しました。3件目は、今回の会合で検討課題として残った項目 (Living List)の見直しを行いました。今回の会合によって、大きな課題は解決し、2005年3月開催予定の ITU-T 本会合で Draft O.172 をコンセントする準備は整いました。専門家会合で使用した資料は、TIES のアカウントをお持ちの方はここに示した FTTP サイトよりダウンロードすることができます。

ITU-T Q5/SG4 会合結果概要 (2/2)

✦ 主な審議テーマ

光基準レベルの見直し

残留ジッタを評価する基準レベルの見直し

受信部の測定誤差(W)の見直し

受信誤差値(STM-16, STM-64)の見直しおよびSTM-256の数値定義

Appendix VIIの見直し

Appendix VIIによる測定法の誤差検討およびパターンジッタを除去するブロック図の見直し

Appendix VIIIの見直し

前回の会合で、検討課題となっていたAppendix VIIIのエッジ挿入方法およびエッジ挿入法のアルゴリズム誤差検証のための基準や測定用フィルタの検討

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu

IP Network Division

3

今回の会合では、主にここに示した4つのテーマについて審議しました。1点目は、“光基準レベルの見直し”を行ないました。これは、現在、ジッタテストの誤差を規定するための入力レベルを-10dBm ~ -12dBmの範囲に規定していますが、「GシリーズのLaunch Powerに合わせてビットレート毎に見直しはどうか？」という提案があり、それについて審議しました。2点目は、“ジッタテストの受信部の測定誤差(W)の見直し”を行ないました。内容としては、STM-16,64の現在の規定値の改善とSTM-256の数値の規定です。STM-256に関する提案は、アンリツより行ないました。これらの提案をもとに受信部の誤差の見直しを審議しました。3点目は、ジッタテストの検証方法の一つである“Appendix の見直し”を行ないました。これは、Appendixによる測定法の誤差についての検討を行ないました。また、パターンジッタを除去するブロック図は、A社が特許を所有しており、無償提供の了解がとれていないため、別なブロック図への置き換えが必要となっていました。今回、別の簡易的なブロック図で実現できたので、ブロック図の置き換え提案を弊社より行ないました。4点目は、もうひとつのジッタテストの検証方法である“Appendix の見直し”を行ないました。主な項目は3件ありました。1つ目は、2005年5月の会合で検討課題となっていたエッジ挿入方法の再検討。2つ目は、エッジ挿入法のアルゴリズム誤差を明確にするための基準方法の検討。3つ目は、被測定信号をオシロスコープで測定する時のフィルタの帯域を規定する検討です。これらの内容は、この後詳しく説明します。

光基準レベルの見直し

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

4

まず、1件目のテーマである光基準レベルの見直しについて詳細を説明します。

各審議テーマの詳細報告 光基準レベルの見直し

+ いきさつ

O.172では、テストの誤差を評価する基準レベルとして -10dBmから-12dBmの範囲の信号レベルを入力した条件で規定しています。今回、装置の最小 Output Powerの高いSTM-16以上についても、現状のままとすべきか、Gシリーズの Output Power規格に合わせて、見直しを行うべきかを検討した。

+ 審議結果

現在の規定(-10dBm to -12dBm)をそのまま残し、Noteとして、「Gシリーズの出力パワーに合わせた基準を採用しても良い」という言葉を追記することにした。

現状、ジッタテストの誤差を規定するために、光の入力レベルを-10dBm～-12dBmの範囲に規定しています。しかし、STM-16以上の場合は、Gシリーズで規定されている最小 Output Powerがこの範囲より高いため、外部減衰器でレベルをあわせる必要があります。今回、「わざわざ減衰させなくてもGシリーズの最大 Output Powerから-12dBmの範囲の間で規定すればよいのではないか？」との提案がありました。審議の結果、すべての Output Powerをカバーする規定はできないため、現状のままの-10dBm～-12dBmを基準レベルとしました。但し、Noteとして、「Gシリーズの出力 Power に合わせてた基準を採用しても良い」という既述を追加しました。

各審議テーマの詳細報告

光基準レベルの見直し

✚ G.693 (Dec/2003) : 参考

Table 4/G.693 – Optical interface parameters specified for applications with 2 km target distance

Application code	Unit	VSR2000-2R1	VSR2000-2L2 VSR2000-2L3 VSR2000-2L5	VSR2000-3R1 ⁽¹⁾	VSR2000-3R2 ⁽²⁾ VSR2000-3R3 ⁽²⁾ VSR2000-3R5 ⁽²⁾	VSR2000-3M1	VSR2000-3M2 VSR2000-3M3 VSR2000-3M5	VSR2000-3H2 VSR2000-3H3 VSR2000-3H5
G.691 Application code		I-64.1	I-64.2r -					
G.959.1 Application code		P111-2D1	P111-2D2r					
Target distance	km	2	2	2	2	2	2	2
Bit rate/line coding of optical signals	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G
Fibre type	–	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652 G.653 G.655
Transmitter at reference point MPI-S								
Source type		SLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
Operating wavelength range	nm	1290-1330	1530-1565	1290-1330	1530-1565	1290-1330	1530-1565	1530-1565
Maximum mean output power	dBm	-1	-1	+3	+3	+10	+3	+3
Minimum mean output power	dBm	-6	-5	0	0	+8	0	0
Receiver at reference point MPI-S								
Minimum sensitivity (BER of 1×10^{-12})	dBm	-11	-13	-5	-5	-5	-13	-17
Minimum overload	dBm	-1	-1	+3	+3	+2	0	0

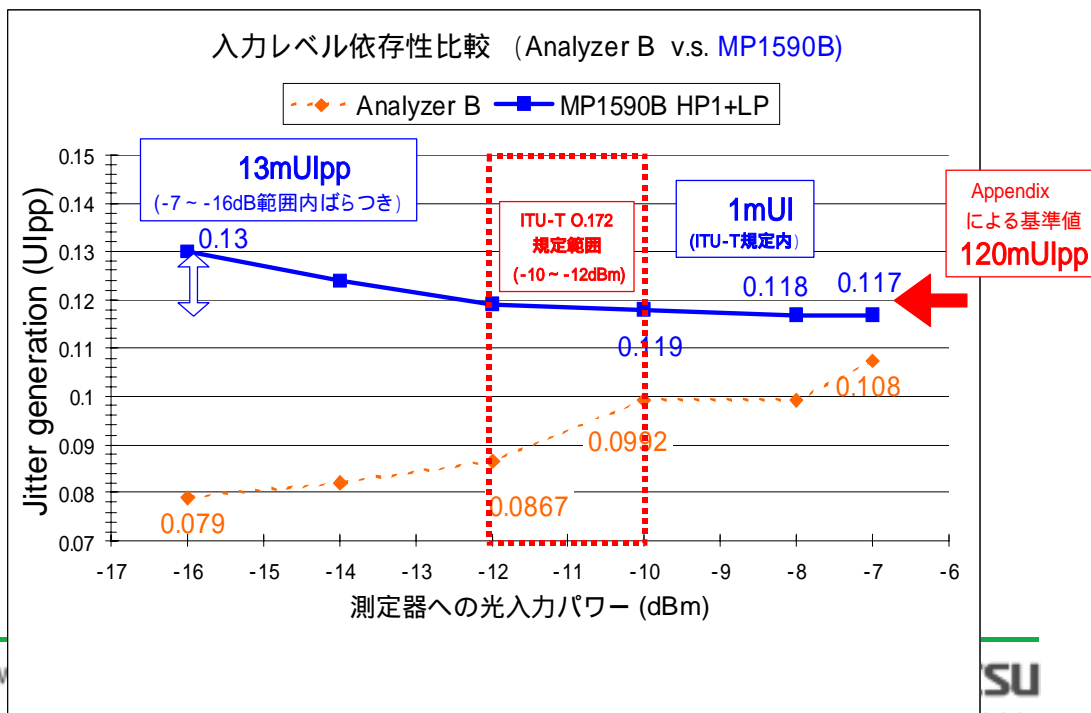
6

参考に、G.693 Optical interfaces for intra-office systems の規格から STM-64, STM-256 の一部を抜粋した物をここに記します。G.693 では、VSR2000-2R1 のアプリケーションで、最大 Output Power を -1dBm に規定しています。このアプリケーションには、今回の改定で -1dBm ~ -12dBm の範囲で誤差の規定ポイントを選択できることになりました。また、STM-256 の場合は、最大 Output Power が +10dBm になりますので、VSR2000-3M1 以外のアプリケーションでは、+10dBm ~ -12dBm の範囲で誤差の規定ポイントを選択できることになりました。

各審議テーマの詳細報告

光基準レベルの見直し

✦ 光入力レベル依存性比較 (STM-64/OC-192)



この比較データは、120mUIpp のジッタ量をもつ基準信号源のレベルを変えて、MP1590B と別メーカーのジッタアナライザで、それぞれのジッタ測定値の入力レベル依存性を評価したデータです。青い線は、MP1590B の STM-64/OC-192 におけるジッタ測定値の入力レベル依存性評価結果です。アンリツの MP1590 は、今回追加になった Note に合わせて基準レベルを -10dBm 以上にしたとしても、誤差はほとんど変わらないことがこの結果からおわかり頂けるかと思えます。一方、他社の場合は、規定ポイントを -8dBm ~ -10dBm に移動させることによって範囲内での誤差を抑えることは可能ですが、その範囲を外れると誤差が大きくなります。また、絶対値が小さめにでるのは、レベル依存性とは別の現象です。

受信部測定誤差の見直し

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

8

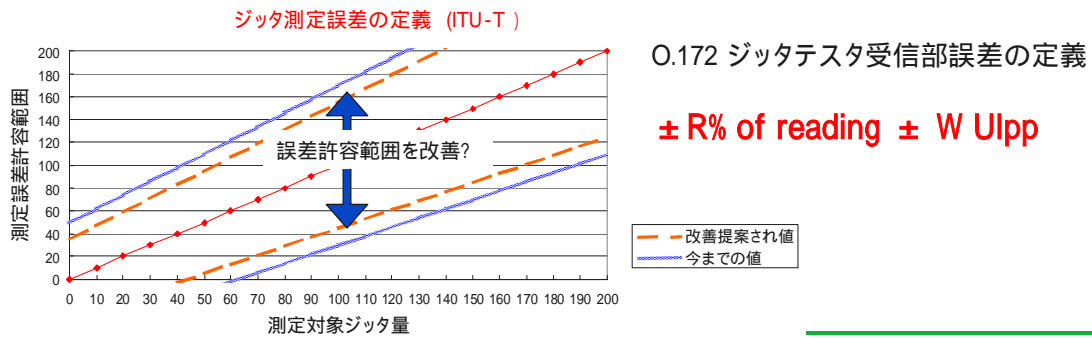
次に、2件目のテーマであるジッタテスト受信部の測定誤差(W)の見直しについて詳細を説明します。

各審議テーマの詳細報告

受信部測定誤差の見直し

いきさつ

O.172では、受信側のトータル測定誤差を以下のように、RとWの2種類のパラメータで定義している。Gシリーズで規定されているジッタ評価(特にJitter Generation測定)をする場合、ジッタテストによる誤差が小さいことが要求されている。ジッタテストの検証方法もAppendix VII, VIIIの2種類の方法が、ほぼ確立したこともあり以前から要求が強かったSTM-16, STM-64のW値を見直す検討を行った。また、STM-256の装置が実用化されはじめているので、現在FFSになっているSTM-256のWおよびR値の定義を規定する必要があった。



Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

9

O.172 では、ジッタテストのトータル測定誤差をWとRの2種類のパラメータで規定しております。トータル誤差許容範囲としては、期待値に対してR%の割合誤差とW Ulppの固定誤差の組合せで構成されています。つまり、この表に示すように、横軸の値を真値とした場合、現在のO.172では、青い線の範囲を誤差の許容範囲として規定しています。つまり、真値が大きくなれば割合誤差R%の比率が大きくなるため、許容範囲が広がります。今会合では、Appendix VII, VIIIといったジッタテストの検証方法がほぼ確立したこともあり、STM-16,64についてオレンジ色の点線のような値に見直しをすべきとの提案があった。また、すでに伝送装置が実用化されているSTM-256についても誤差の規定がなかったので、値を規定する提案をアンリツより行った。

審議テーマの詳細報告

受信部測定誤差の見直し

審議結果

結果としては、一部、改訂に反対するメンバーがいたため、STM-16, 64の残留ジッタ値は次会合まで保留となった。但し、STM-256については、Anritsuの提案通り、現状のSTM-64と同じ値を、第一ステップとして盛り込むことで合意した。

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

10

審議の結果は、一部のメンバーが改訂に反対したため、STM-16,64の見直しについては、次回の本会合(2005.03)まで保留となった。これは、次会合までの間に、反対したメンバーに改善努力をしてもらうという意図も含まれています。但し、STM-256に関しては、アンリツから提案どおり、STM-64の値をスタート値として規定することになった。但し、STM-64同様にSTM-256の誤差を小さくすることをターゲットにしていると記述も Note として追記することになりました。

審議テーマの詳細報告

受信部測定誤差の見直し

✦ MP1590B規格 (参考)

MP1590A/Bは、2003年10月に商品化したときより、今回、改善提案の数値以上の精度をカタログに記載していました。(HP1+LPの時も0.035UIpp)さらにOption 30 高精度ジッタオプションによって、±20mUIpp以下の測定精度を実現しています。

✦ 今会合で変更提案のあった内容

Signal	Maximum peak-to-peak jitter error (UIpp) for given digital signals					
	Structured signal			Clock signal		
	f_1-f_4	$f_{12}-f_4$	f_3-f_4	f_1-f_4	$f_{12}-f_4$	f_3-f_4
STM-16	0.1	<u>0.050.035</u>	<u>0.050.035</u>	0.05	0.03	0.03
STM-64	<u>0.150.1</u>	-	<u>0.050.035</u>	0.05	-	0.03
STM-256	FF\$0.150	-	FF\$0.05	FF\$0.05	-	FF\$0.05

✦ MP1590A/B規格 (カタログより抜粋)

MU150100AとMU150125A受信のみ

ビットレート (Mbit/s)	Wデータ信号(Typical)				Yデータ信号
	UIp-p				UIrms
	HP1+LP	HP+LP	HP2+LP	HP+LP	HP+LP
	2 UI	2 UI	2 UI	2 UI	
2488.32	0.035	0.035	0.035	0.009	
2666.05 *	0.035	0.035	0.035	0.009	

* : MU150125A-05受信時 f_1-f_4 $f_{12}-f_4$ f_3-f_4 $f_{12}-f_4$

MU150123AとMU150125A受信のみ

ビットレート (Mbit/s)	Wデータ信号				Yデータ信号
	UIp-p				UIrms
	HP1+LP	HP+LP	HP2+LP	HP+LP	HP+LP
	2 UI	2 UI	2 UI	2 UI	
9953.280	0.035	0.035	0.035	0.009	
10709.225 *	0.035	0.035	0.035	0.009	

* : MU150125A-05受信時 f_1-f_4 $f_{12}-f_4$ f_3-f_4 $f_{12}-f_4$

アンリツのMP1590は、昨年10月の商品化時から今回の測定誤差の改善提案以上の精度をカタログに標準品の精度として記載していました。Option 30 高精度ジッタオプションを実装した場合は、さらに誤差の少ない±20mUIppの測定精度を実現しています。中段には、今回提案された改善提案の値を示しています。STM-16およびSTM-64で、フィルタ条件 f_3-f_4 (1M to 20M:STM-16, 4M to 80M:STM-64)の時に50mUIppまで許容していた誤差を35mUIppまで改善する提案でした。また、 $f_{12}-f_4$ のフィルタはTelcordiaの規格(GR-253)に規定されているフィルタ(12k to 20M:OC-48)の規定です。これについても50mUIの許容誤差を35mUIppに改善する提案になっています。さらに、STM-64では、 f_1-f_4 (20k to 80MHz)の時に150mUIppの許容誤差を100mUIppまで改善する提案になっていました。STM-256に関しては、現在の検証方法の誤差を加味すると十分に検証方法が確立できていないため、スタートの数値として、現状のSTM-64と同じ誤差を規定として採用しました。今後、STM-64同様にターゲットの誤差値を35mUIpp (f_2-f_4 :16M to 320M)とすべきことをNoteに追記することで合意しました。下段の数値は、MP1590のカタログから抜粋した値ですが、2.5G, 10G共にすべてのフィルタ条件で35mUIppとしており、来年規格が変更になっても影響はありません。

各審議テーマの詳細報告

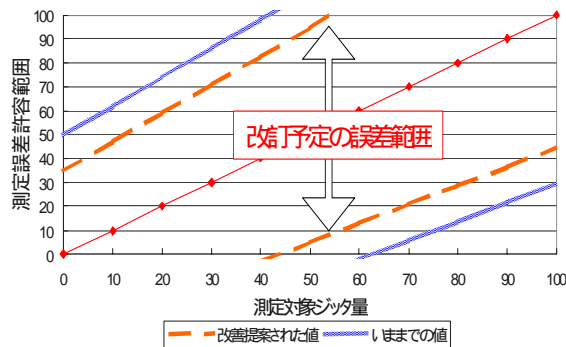
受信部測定誤差の見直し

✦ MP1590B Option30規格 (参考)

以下にITU-T規格とMP1590B Option 30 高精度ジッタの誤差許容範囲をグラフで比較したものを記します。

0.172の誤差規格

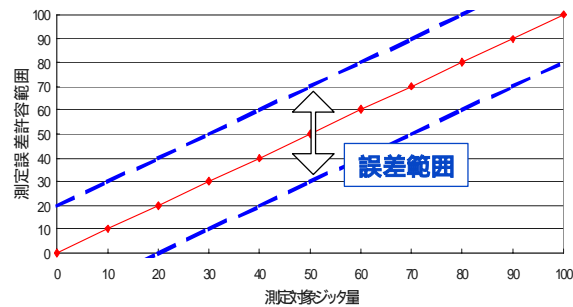
ジッタ測定誤差の定義 (ITU-T)
ジッタ測定誤差許容範囲 (ITU-T)



ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

MP1590B Option30実装時

ジッタ測定誤差許容範囲 (MP1590B Option 30)



IP Network Division

12

このスライドは、今回改善提案のあった 0.172 誤差許容範囲と MP1590 (Option 30 付き) との比較をしたものがです。左側のグラフの青い線が現状の 0.172 誤差許容範囲で赤い点線が今回改善提案のあった数値です。これらの誤差許容範囲は、先程説明した R% および WU_{lpp} の 2 種類のパラメータの組み合わせで構成されています。そのため、真値が大きくなるほど (右に行くほど) 誤差許容範囲が広がります。一方、MP1590 Option 30 は、100mU_{lpp} 以下の値において、R% および W U_{ppp} を含めて ±20mU_{lpp} の測定誤差を保証しています。これは、Appendix によるトレーサビリティが確立できたことによって実現できたものです。

Appendix VIIの見直し

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

13

次に、3件目のテーマである Appendix VII (ジッタテスト検証方法のひとつ)の見直しについて
詳細を説明します。

各審議テーマの詳細報告 Appendix VIIの見直し

✦ いきさつ

Appendix VII ジッタテストの検証方法で検討課題となっていた以下の課題について、審議をおこなった。

(1) 最終出力でのジッタ量を検証する方法が無い。

今回の会合では提案がなかったため、未審議

(2) 測定誤差の検討および評価パターンの検討

現実問題として、理想データ発生器 (パターンジッタゼロ) の信号発生器の実現は不可能であるため、バースト正弦波ジッタを付加したときのジッタ量がタイミングによって変る。

誤差を検証できる評価パターンの種類の明確化

(3) パターンジッタを除去する回路のブロック図見直し。

Appendix VIIIの検証方法で10mUIpp以下を実現できる簡単なブロック図への置換え

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu

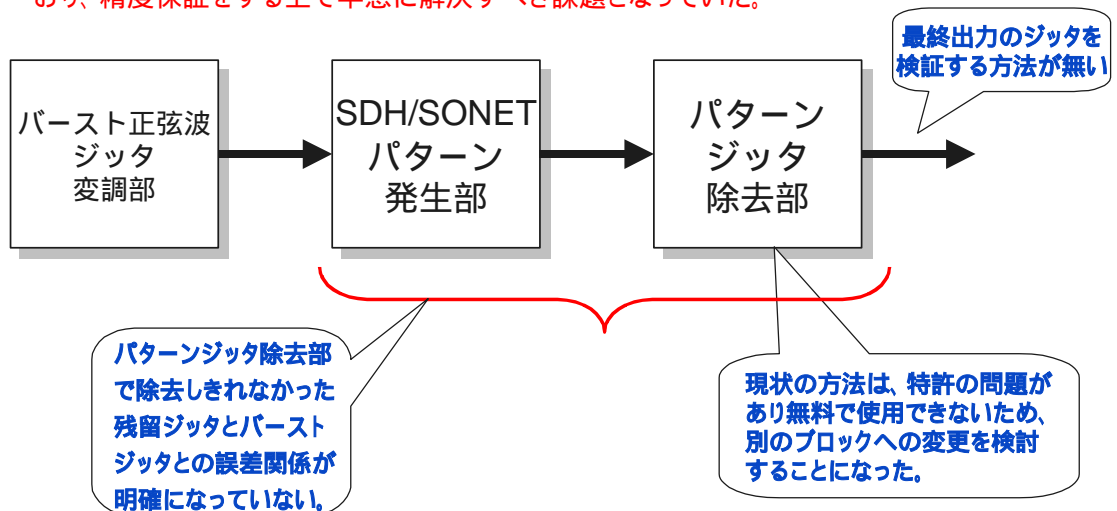
IP Network Division 14

今回の会合では、2004年5月のITU-T会合でAppendix の課題としてあげられていた以下の3点について、審議しました。1点目課題は、Appendix は、使用する信号源の最終出力のジッタ量を検証する方法が無いため、現状、クロックレベルでのジッタ量しか検証できません。そのため、最終出力のジッタ量を検証する方法(手順)が必要になっていました。しかし、今回の会合では、本課題に対する提案が無かったため未審議となりました。2点目の課題は、測定誤差に関する審議を行ないました。Appendix は、パターンジッタを除去した上で、バースト正弦波ジッタを付加して、そのバーストジッタ量を評価する方法です。しかし、パターンジッタの無い理想データ発生器を実現することは、事実上不可能であるため、O.172では10mUIpp以下の誤差を許容しています。これは、バースト正弦波ジッタを付加した場合、パターンジッタとの発生タイミングによって、最大10mUIppのジッタ量の変動が生じる場合があります。今回の会合では、この誤差について審議しました。また、Appendix でジッタ精度を保證できるSDH/SONETパターンについても審議しました。3点目の課題は、A社が特許を所有しているパターンジッタ除去ブロックの見直しです。現在、A社より無償での使用が認められていないため、顧客も含む全てのユ-ザがこの検証方法を使用する上で障害となっていました。今回、アンリツより簡易的なブロック図で同等の性能を実現できたことを報告し、ブロック図の見直しについて審議しました。

Appendix VII 検証方法 (全体ブロック)

以下のような構成でパターンジッタの無い信号にバースト正弦波ジッタを付加して、受信部の評価を行います。

2004年5月のITU-T S G 4 / Q 5 会合で以下の点が解決すべき課題として挙げられており、精度保証をする上で早急に解決すべき課題となっていた。



Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

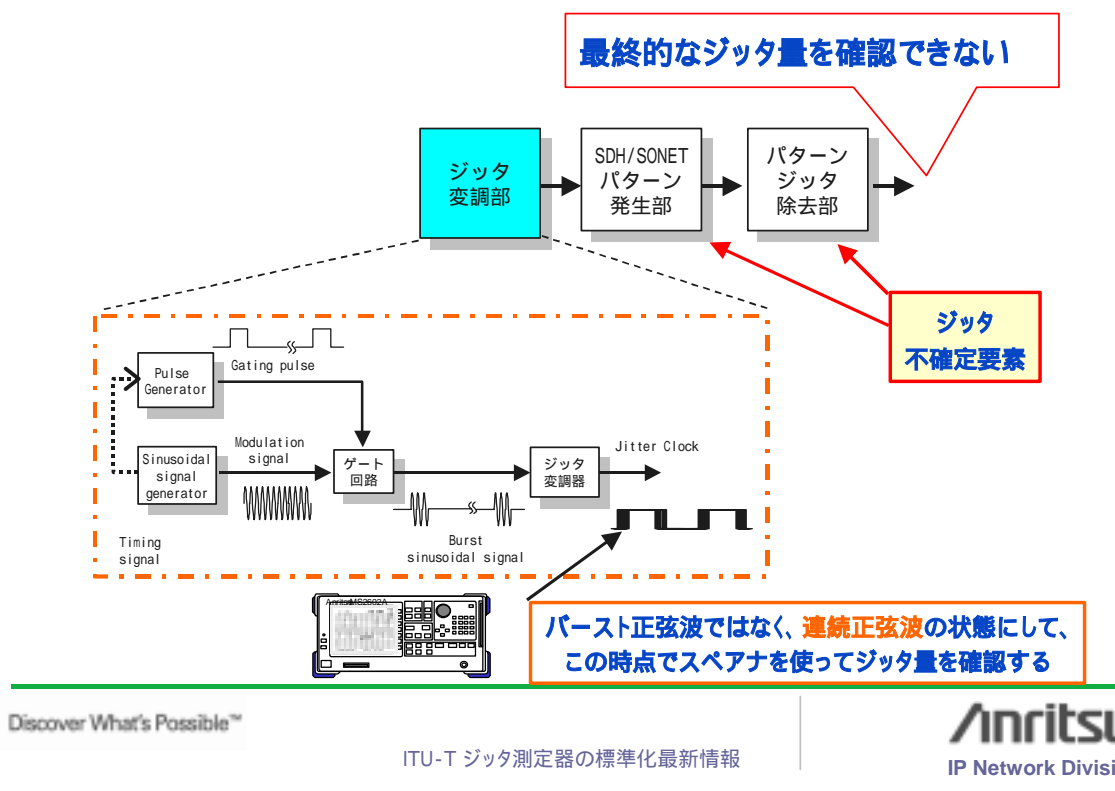
Anritsu

IP Network Division

15

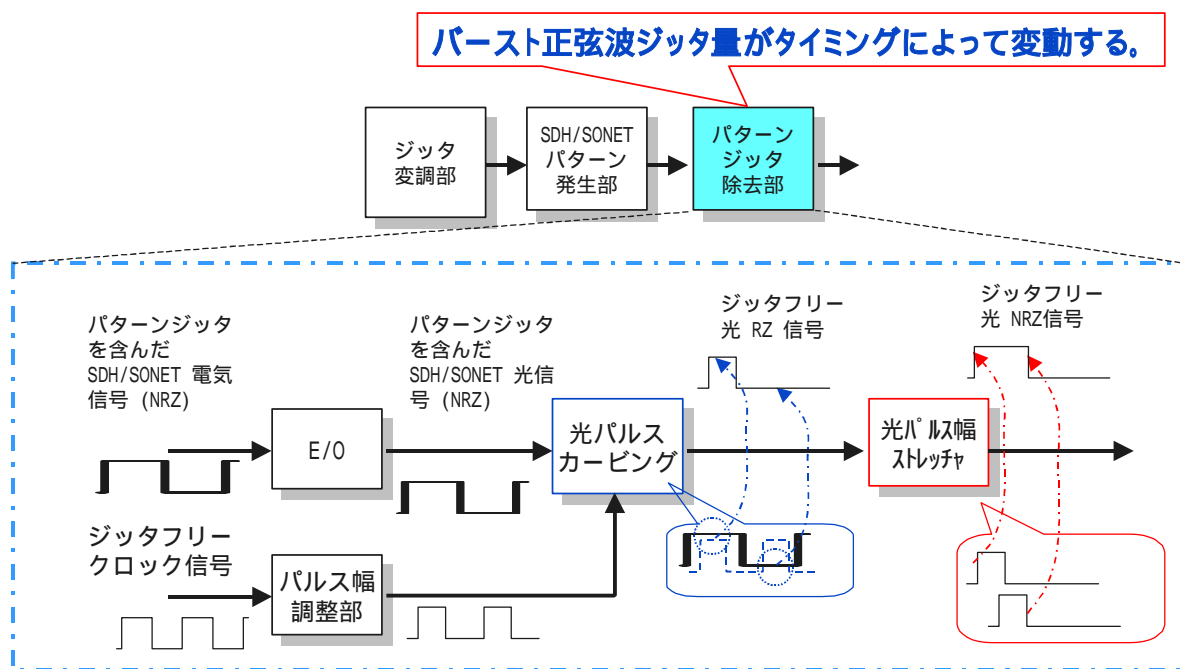
まず、Appendix の検証方法と現在の課題を説明します。Appendix VII の方法を実現するためには、上記のような3つのブロックからなる基準信号源が必要となります。1番左側のブロックでは、9.95GHzのクロックにバースト的に発生する正弦波変調信号 (Burst sinusoidal signal) で約100mUIppのジッタを付加するジッタ変調器です。次に、真中のブロックは、9.95328GHzのクロック信号でSTM-64 (9.95328Gbit/s)のフレーム信号を発生させます。SDHフレーム信号は、フレーム同期をとるために、SOHの1ROW目にスクランブルのかからないNon Scramble Byte (A1, A2, J0/Z0)が定義されています。この部分でパターンジッタが発生します。また、Payload部分においてもジッタは発生します。これらのジッタを含んだデータ信号でジッタテストの受信部を評価すると、これらのジッタによって正確なジッタ評価ができません。そのため、最終段のパターンジッタ除去部でこれらのSDH/SONETパターンによって発生するジッタを除去します。これによってパターンジッタによる誤差要因を減らすことができます。この方法には、ジッタ変調部で付加したジッタ量を、最終出力段(パターンジッタ除去部の出力)で確認する方法が無いいため、評価信号のジッタ量を正確に求めることができません。また、参考に記載されているパターンジッタ除去部のブロック図は、A社の特許になっているため、全てのユーザが無償で使用できる別のブロック図に変更する必要性がありました。

Appendix VII 検証方法 (ジッタ変調部)



Appendix VII の方法はバースト正弦波でジッタを付加した信号で、受信部の評価を行なう方法ですが、最終信号のジッタ量を確認する方法が確立されていません。Appendix VII は、変調信号のバースト繰り返しレートおよびバースト幅を変えながら、受信部で一定のピークジッタ量 (100mUIpp)を検出できるかどうかを検証する方法です。しかし、Appendix VII で付加するジッタ量がいくつかであるかを確認する方法としては、バースト正弦波の代わりに連続正弦波でジッタを付加したクロック信号(ジッタ変調部出力)を使用します。そのクロック信号のジッタ量をスペクトラムアナライザで求めます。つまり、ピークジッタ値は同じであるといった仮定に基づいて、最終的に使用する変調信号(バースト正弦波)と異なる周波数成分を持つ変調信号でジッタ量の校正を行っています。しかも、ジッタ量を確認した信号は、さらにパターン発生部およびパターンジッタ除去部を通過するため、これらのブロックによるジッタ変動量が加味できません。

Appendix VII 検証方法 (パターンジッタ除去部)



Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

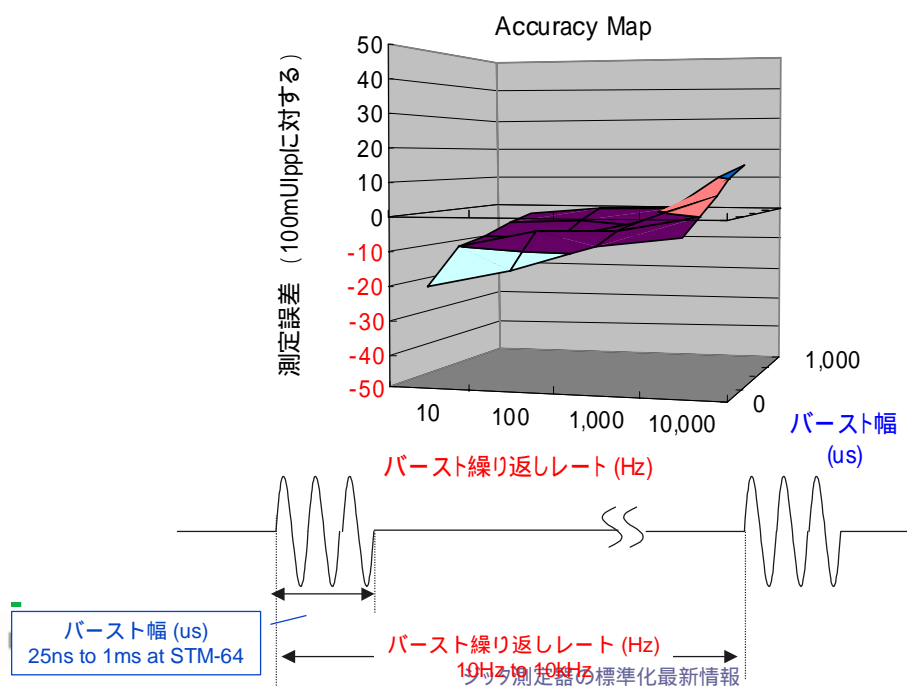
Anritsu
IP Network Division

17

このパターンジッタ除去部がA社の特許になっています。今回、このブロック図の置き換えについて検討を行ないました。Appendix VII の検証方法は、誤差要因となるパターンジッタをパターンジッタ除去部で10mUIpp (1ps:at 10G)以下にする必要があります。しかし、ジッタ変調部で付加するバースト正弦波ジッタ量は、パターンジッタ除去部で除去しきれなかった残留パターンジッタとのタイミングによってジッタ量が増加してしまう問題があります。

Appendix VII アキュラシーマップ

Appendix のアキュラシーマップは以下のように定義されたバースト正弦波変調信号で評価します。



18

Appendix VII は、変調信号のバースト繰り返しレートおよびバースト幅を上記のようにマトリックス的に変えながら、受信部で一定のピークジッタ量(100mUIpp)を検出できるかどうかを検証する方法です。このアキュラシ - マップを評価するためには、送信側で発生させるジッタ量がどの条件においても一定(100mUIpp)であることを最終出力で確認できないと意味がありません。

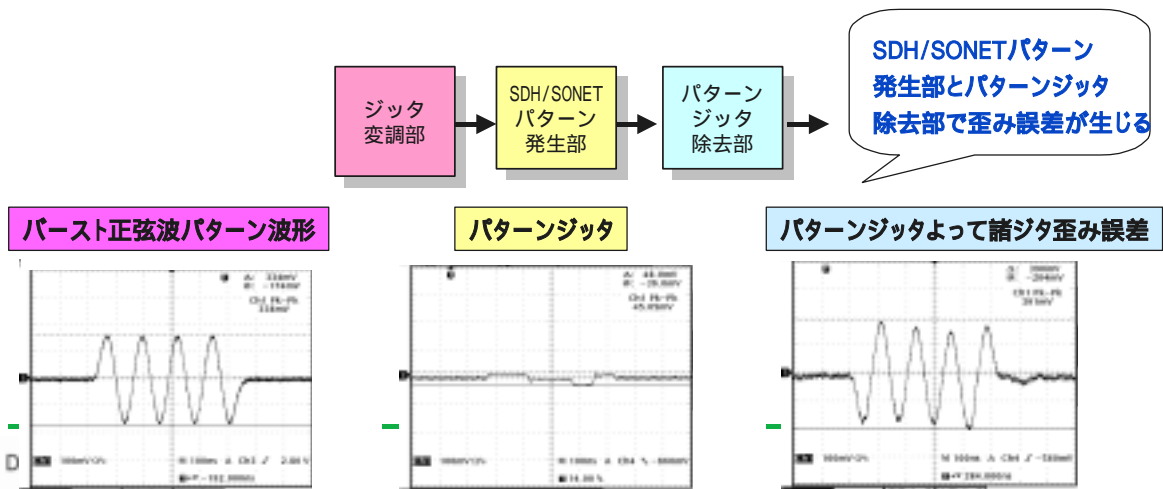
各審議テーマの詳細報告

Appendix VIIの見直し

審議結果 (1/3)

(2) 測定誤差の検討および評価パターンの検討

Appendix VIIの検証方法には、パターンジッタとの重畳タイミングによって生じる誤差があることを明確に既述した上で、実際の評価方法については、今後の検討課題となった。



19

審議の結果、1点目の検討課題であった。残留パターンジッタによるバースト正弦波ジッタ量の変動問題については、このような誤差があることを明確に既述した上で、実際の評価方法については、今後の検討課題として継続審議することになりました。ここに示した3種類の波形データは、実際にどのようにして付加したバースト正弦波ジッタ量の変動を示したものです。左下の図が、バースト正弦波でクロックにジッタを付加したときに変調波形です。この信号は、ジッタ除去部で完全に除去できなかったパターンジッタ(中央)とタイミング的に重なりと右下の変調波形のように歪んでしまいます。

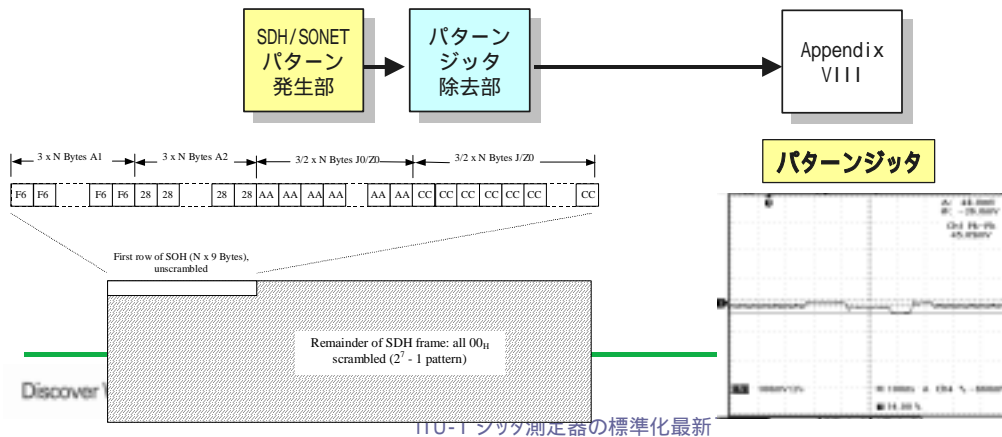
各審議テーマの詳細報告

Appendix VIIの見直し

審議結果 (2/3)

(2) 測定誤差の検討および評価パターンの検討

Appendix VIIの検証方法でジッタ量を検証(保証)できるパターンは、Appendix VIII用に定義されている診断パターンに限られることを明記した。



審議の結果、2点目の検討課題であった検証用パターンですが、Appendix は、さまざまなパターンで評価できる可能性をもっていますが、パターンジッタ除去部の性能評価をする方法としては、Appendix の検証方法を用いる必要があります。Appendix の方法は、Non Scramble 部のジッタを強調するために、特殊な診断用パターンを使用して評価します。診断用パターンは、Scramble 部に ALL0+PRBS 7 Scramble のパターンを設定するように定義されています。現時点では、測定時間および精度の問題で、Appendix での評価は、この診断パターンに限定されていますので、Appendix を用いてジッタ精度を評価する場合は、Appendix に定義している診断パターンに限るという注意書きを追記することにしました。

各審議テーマの詳細報告

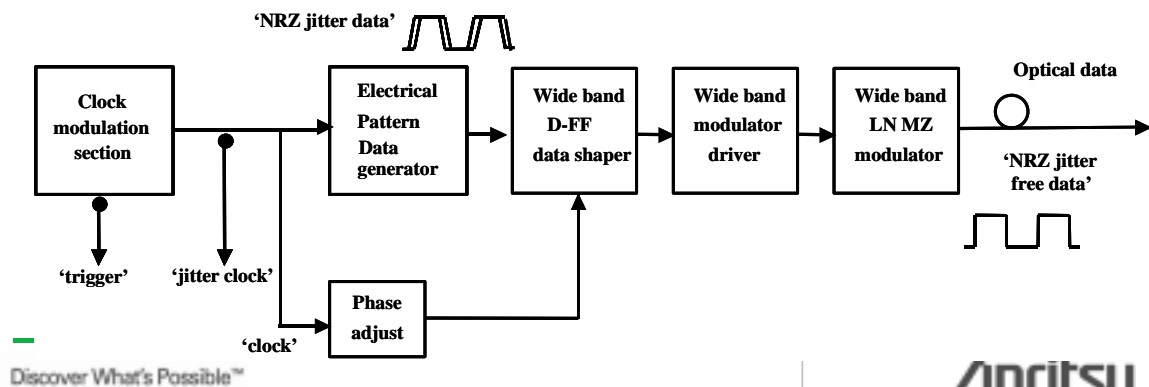
Appendix VIIの見直し

審議結果 (3/3)

(2)パターンジッタを除去する回路のブロック図見直し。

アンリツから提案した簡易ブロックでも、低パターンジッタが実現できることが確認され、新たに下記のブロック図を追加することになった。

Figure VII.4 – Alternative optical data generation block diagram



ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

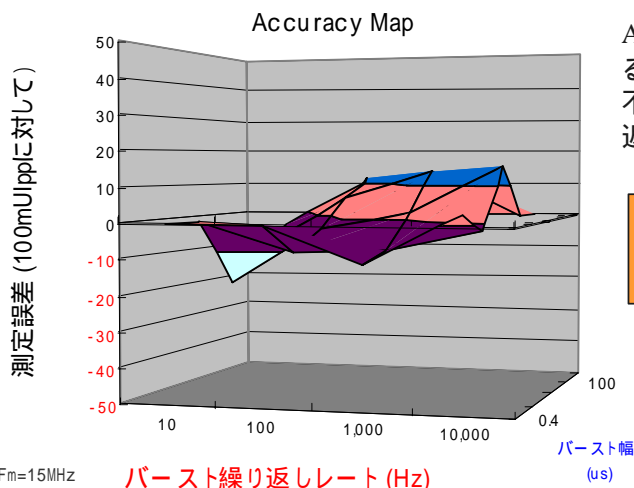
21

審議の結果、3点目の検討課題であったパターンジッタを除去する回路ブロック図見直しは、いままでのブロック図の他に、アンリツから提案したブロック図(上記)を追加することになりました。A社の特許の取扱いについては、A社とITU-T間で2005年03月の次の会合までに、調整することになっています。

MP1590B アクキュラシーマップ (代表値)

MP1590B アクキュラシーマップ

Draft ITU-T 0.172 (Oct. 2004)で規定された方法に従って、MP1590BのAccuracy Mapを評価しました。Appendix VIIの方法においても良好な特性が得られています。



Appendix の参考例として記載されているパターンジッタを取り除く方法については、不明確な要因が多いため、クロックの折り返しで評価を行いました。



Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

22

ここでは、MP1590B を Appendix VII の評価系で評価した際の代表的な測定結果を示しています。ばらつきが、 $\pm 15\text{mUpp}$ 以内の良好な結果になっています。この評価では、現状未解決になっている精度上の課題を取り除くため、校正したクロック信号を折り返して評価しています。

Appendix VIIIの見直し

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

23

最後に4件目のテーマである Appendix VIII (ジッタテスト検証方法のひとつ)の見直しについて
詳細を説明します。

各審議テーマの詳細報告 Appendix VIIIの見直し

いきさつ

Appendix VIII ジッタテストの検証方法で検討課題となっていた以下の課題について、審議をおこなった。

(1) Edge Insertion方法の再検討

現在のHOLD法は、特にDCDを含む信号を評価した場合に誤差が生じるので、それに代わる方法が必要

(2) Edge Insertion法のアルゴリズム誤差検証基準

Edge挿入のアルゴリズム誤差を検証するための基準が必要

(3) フィルタ帯域の定義

オシロスコープ側の測定帯域の明確な定義が必要

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

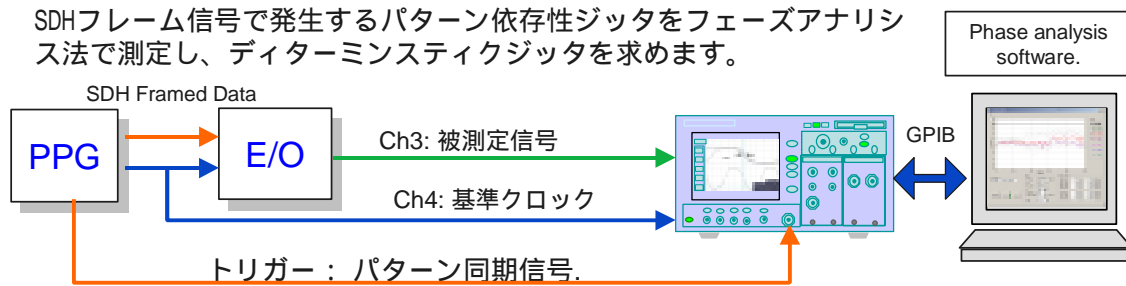
Anritsu

IP Network Division 24

今回の会合では、2004年5月のITU-T会合でAppendix VIIIの課題としてあげられていた以下の3点について、審議しました。1点目の課題は、エッジの無い部分を補間するEdge Insertion方法に関して再検討しました。現状は、前のデータをコピーして使用するHold法が採用されていますが、DCD (Duty Cycle Distortion)を含む信号を評価した場合に誤差が生じる場合があるため、誤差の少ない補間方法の検討が必要となっていました。2点目の課題は、Edge Insertion方法のアルゴリズム誤差を検証するための基準となる方法の審議です。Edge Insertion方法は、所詮、データ補間方法であるため、アルゴリズム誤差が存在します。その誤差がどの程度あるのかを明確するために基準を定めることが必要となっています。3点目の課題は、サンプリングオシロスコープで被測定信号を評価する際のフィルタの定義です。

Appendix 検証方法 フェーズアナリシス法

SDHフレーム信号で発生するパターン依存性ジッタをフェーズアナリシス法で測定し、ディターミンスティックジッタを求めます。



- ❑ パターンジッタを含まない基準クロックと被測定信号の各エッジとの位相差を比較してパターンジッタを測定します。(相対測定)
- ❑ 観測している波形にアベレージングをかけてランダムジッタ成分を除去します。
- ❑ パターンジッタ測定後にデジタル信号処理でフィルタ計算(HP1+LP or HP2+LP)を行います。

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

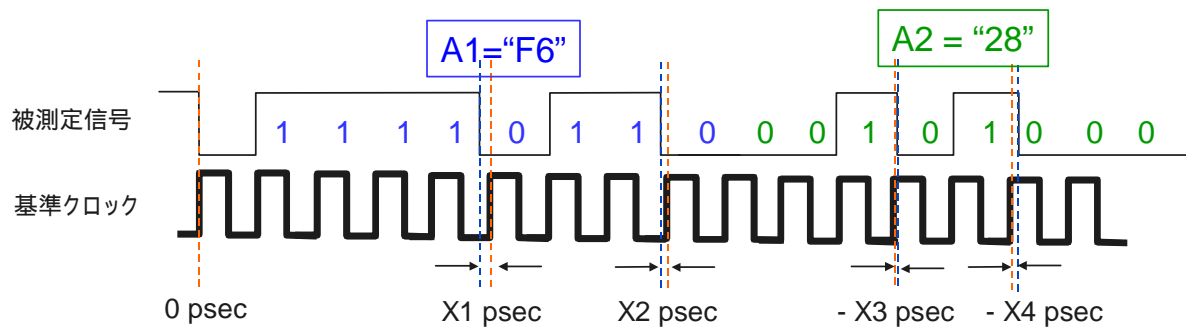
Anritsu

IP Network Division

25

まず、パターンジッタ等の Deterministic ジッタを評価する Appendix (Phase Analysis technique)を説明します。これは汎用測定器で測定可能です。まず、PPGでSDHフレーム信号を発生させます。その信号をE/Oコンバータで光信号に変換し、その信号をサンプリングオシロスコープに接続します。この時、同時に基準信号用のクロックを同時に接続して観測します。これらの信号をパターン同期信号で同期をかけて観測します。基準となるクロック信号は、パターンジッタがないため、基準クロックとデータ信号の立上り、立下りエッジの位相差をすべて測定することによってパターンジッタを測定します。この際に、信号およびサンプリングオシロスコープ自体がもつランダムジッタを除去するために、信号をアベレージング機能でアベレージングして評価します。ジッタを評価するために必要なジッタフィルタは、位相差データをすべて測定した後にDSPでフィルタ処理を行ないます。

フェーズアナリシス法の説明



- サンプルングオシロスコープのスキュー機能等を使って、2信号(被測定信号, 基準クロック)の基準となる位相(A1バイトの先頭)を合わせます。
- データの立上り/立下りエッジと基準クロックの位相差(X1, X2, ...)を1フレーム分すべて測定します。
- サンプルングオシロスコープ自身もつランダムジッタ成分を除去するために数十回のアベレージングを行ない、パターン依存性ジッタのみを測定します。

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu

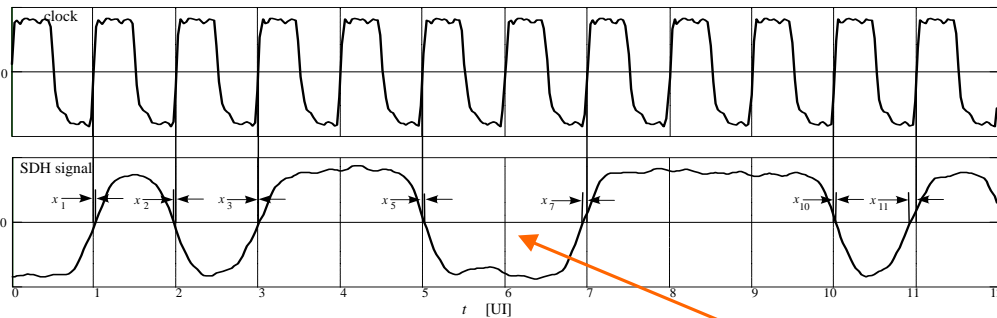
IP Network Division 26

もうすこし具体的に説明します。ここで示している図は、被測定信号のデータと基準信号として同時に表示しているクロック信号です。はじめにサンプルングオシロスコープのスキュー機能を使用して、Non Scramble Byte の先頭のバイト(A1)のエッジに合わせます。つぎにデータのエッジ(ここでは立ち下がりエッジだけを観測していますが、実際には立上り、下がりの両エッジを測定します。)と基準クロックとの位相差 X1ps を測定します。信号をずらしながら各エッジとクロックとの位相差(X2,X3...)を全フレーム分測定します。(Scramble Byte については、一部を測定するだけでも可能)。先にも説明したように Phase Analysis Technique は Deterministic ジッタのみを分離して評価しますので、ランダムジッタはアベレージング機能で除去して測定します。この測定は、クロックとデータの相対評価になるため、サンプルングオシロの誤差も無視できます。

各審議テーマの詳細報告

Appendix VIIIの見直し

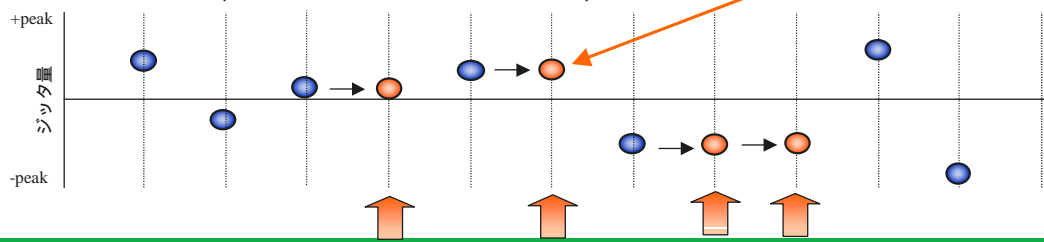
✦ 現状のエッジ挿入テクニック



エッジ挿入テクニック:

Hold method (いままでの 0.172の方法)

エッジが無い部分には
一つ前のジッタ量をコピー



Discover What's Possible™

No edge

No edge

No edge

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu

IP Network Division

27

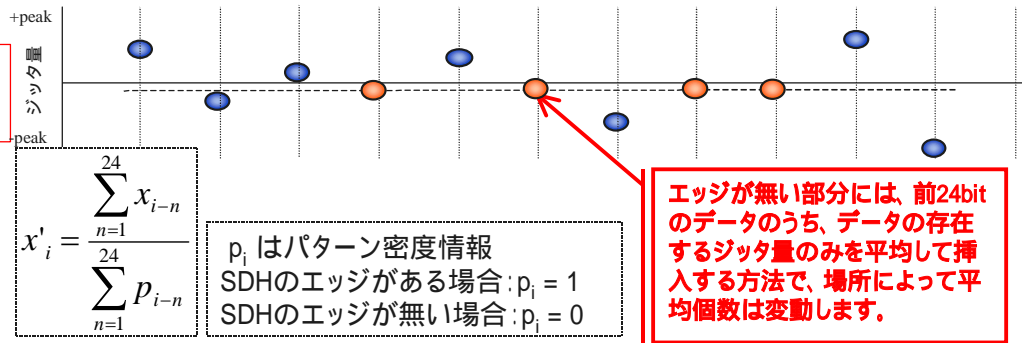
ここでは、Appendix の検討課題である Edge Insertion 法について説明します。Appendix の検証方法は、データ信号のジッタ量を評価するためにサンプリングオシロスコープを使用します。データ信号と基準クロック信号のエッジの位相差をサンプリングオシロスコープで1ビット毎測定、データ信号のパターンジッタ量をジッタテスト以外の測定器で求めます。この図は、現在のエッジ挿入法である HOLD 法について説明したものです。この方法は、データエッジの無い部分を補間して、全てのエッジのデータを揃えます。上記の図は、クロックとデータの各エッジの位相差を比較した結果(青)をグラフ化したものですが、いままで採用されていた Edge Insertion 法は、Hold 法と呼ばれる補間方法を使用しています。Hold 法は、エッジの無い部分に(オレンジ)前のジッタ量をコピーする方法です。この方法は、DCD (Duty Cycle Distortion) が多い信号を評価した場合、大きな誤差が生じる場合があります。今回の会合では、いままでの Hold 法に代わる補間方法について検討しました。

各審議テーマの詳細報告

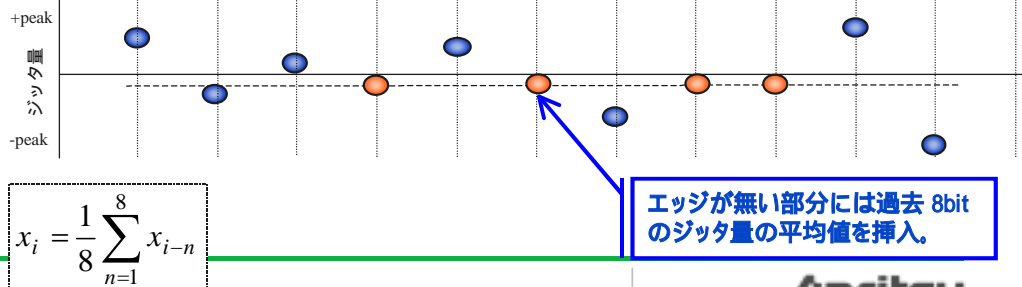
Appendix VIIIの見直し

今会合で提案されたエッジ挿入法

24bit Window 平均



8 bit 平均



$$x'_i = \frac{\sum_{n=1}^{24} x_{i-n}}{\sum_{n=1}^{24} p_{i-n}}$$

p_i はパターン密度情報
SDHのエッジがある場合: $p_i = 1$
SDHのエッジが無い場合: $p_i = 0$

$$x_i = \frac{1}{8} \sum_{n=1}^8 x_{i-n}$$

Discover What's Possible

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

28

今回の会合で提案された Edge Insertion 法は、上記の2種類です。24bit Window 平均法は、データの無いエッジの前 24bit 分に注目し、データある分だけ平均して補間データを求める方法です。この方法は、パターン密度情報によって、平均する数変動します。24bit という Window 幅は、エッジのない部分が 24bit も続くことが無い(8bit 連続でデータが無い場合はありうる)と仮定して選ばれています。一方、8bit 平均法は、データの無いエッジの前 8bit 分のジッタ量を平均して補間データを求める方法です。この場合は、平均するデータ数は、必ず 8bit 固定となります。

各審議テーマの詳細報告

Appendix VIIIの見直し

審議結果 (1/3)

(1) Edge Insertion方法の再検討

現在のHOLD法も、DCD(Duty Cycle Distortion)の少ない信号を評価する場合は、誤差は小さいが、DCDを多く含む場合は、誤差が大きくなる場合がある。下記に、3種類のエッジ挿入方法の誤差を数種類のサンプルデータで比較したものを示す。8bit平均法は、24bit Window平均法と誤差の上では大差ないが、24bit Window平均法の方が若干誤差が少ないため、24bit Window平均法を採用することになった。

Table 1 - Insertion error of each insertion algorithm

Transmission signal (STM-64)	Jitter result of ideal CDR method [mUIpp]	Insertion error [%]		
		Hold	AVG8	AVG24 24-bit window
Example a	18	-14	-1	0
Example b	20	+22	0	0
Example c	19	+14	0	0
Example d	23	+21	-3	-4
Example e	60	+17	+1	-2
Example f	99	+16	-1	-1
Example g	120	+10	+7	0
Example h	7	+24	-16	-16
Example i	24	+7	-15	-4

Discover1

SU
Division 29

審議の結果、Appendix の検証方法の1つ目の検討課題であった Edge Insertion 法は、24 bit Window 平均法を採用することになりました。但し、いづれの方法であってもデータ補間する以上、誤差が存在します。測定結果には、アルゴリズム誤差が含まれることを明記した上で、そのアルゴリズム誤差を検証する方法を今後も検討していくことにしました。先に紹介した2種類の Edge Insertion 法といままでの Hold 法について、数種類のサンプルデータを使用して誤差を評価した結果をこの表に示します。サンプルデータは、ジッタ量の大きいものや小さいもの、パターンジッタの大きいものやランダム性のつよいジッタ等さまざまなパターンを評価しました。特に、DCD を最小にするようなことはしていません。もちろんこれだけでは、十分とはいえませんが限られた時間の中で、評価した結果がこの表になります。左から2番目の行は、後ほど説明する理想 CDR を使用して補間値をもとめる方法で算出した Peak ジッタ量です。この値を基準にして、3種類の補間方法による比較を行ないました。いままでの Hold 法は、DCD をコントロール(最適化)していない信号では、-14% ~ +24%の誤差が出る場合があります。但し、+24%と最大の誤差率になったサンプルHの場合の基準ジッタ量は 7mUIpp ですので、誤差量にするとわずか 1.68mUIpp の誤差です。この同じサンプルを用いた比較においては、8bit 平均も 24bit Window 平均もほとんど誤差は変わりませんが、トータル的にみた場合、24bit Window 平均法の方が、誤差が少ない結果になったので、24bit Window 平均法を採用することになりました。

各審議テーマの詳細報告

Appendix VIIIの見直し

審議結果 (2/3)

(2) Edge Insertion法のアルゴリズム誤差を検証するための基準

Edge挿入のアルゴリズム誤差を検証する基準方法として、アンリツが特許を持つ**理想CDR法**を提案した。今会合では他社からの提案がなかったので、Living Listに載せ、検討を継続することで合意した。

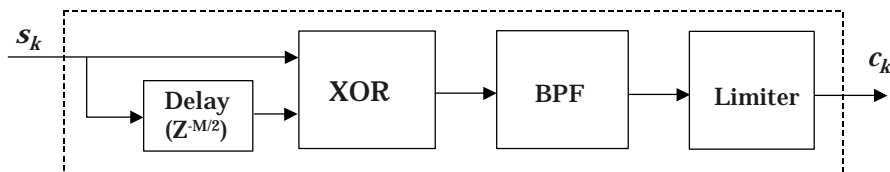


Figure 4 – Example of block diagram of clock data recovery

審議の結果、Appendix の検証方法の2つ目の検討課題であった Edge Insertion 法のアルゴリズム誤差を明確にするための基準法については、アンリツ以外からの提案がなかったため、Living List に載せて、検討を継続することで合意した。この図は、アンリツから提案した Edge Insertion 法の誤差を比較する基準法です。これは、補間データを理想 CDR を通して、その出力値から算出されたジッタ量を使用する方法ですが、すべての構成ブロックをデジタル信号処理で実現しているため、誤差の無い理想的な基準値が求められます。

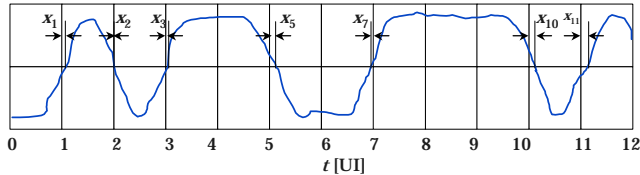
各審議テーマの詳細報告

Appendix VIIIの見直し

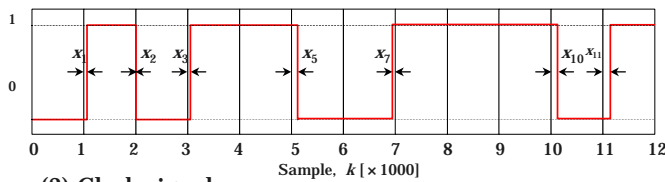
理想CDR法 (参考)

エッジ挿入法のアルゴリズム誤差を検証する基準法として、アンリツが特許を持つ理想CDR法を以下に紹介します。弊社はAppendix VIIIを評価する場合、エッジ挿入による誤差をなくすため、下記のような基準方法を併用して校正しています。

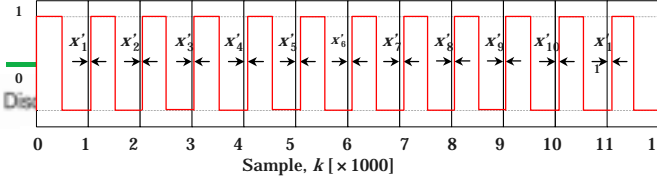
(1) SDH signal



(2) Simplified SDH signal sequence, s_k



(3) Clock signal sequence, c_k



[評価手順]

- Subclause 2.1のステップ1からステップ3に従い、オシロスコープを用いてSDH信号のデータエッジ部におけるパタン依存性ジッタ量 x_j を1mUIの分解能で測定します。
- x_j を用いてSDH信号を模擬した単純モデル系列 s_k を作成します。ここで、 s_k の振幅値は1、0または-1とし、 s_k の標本間隔は該当するSDHビットレートの1/1000倍とする。j番目のデータエッジがゼロクロスする際のタイミング偏移量に x_j を割り当てます。
- s_k をデジタル信号処理で実現されるCDRに入力します。CDRの通過帯域幅は、ジッタ測定帯域に影響を与えないように、ジッタ測定ローパスフィルタのカットオフ周波数 f_c の少なくとも±4倍とする。CDRから出力されるジッタクロック系列を c_k とする。 c_k の立ち上がりエッジにおけるタイミング偏移量を x'_j を検出します。 x'_j を位相挿入されたジッタ系列としてSubclause 2.1/O.172のステップ5の x_j に使用します。

新情報

IP Network Division 31

ここでは、アンリツが特許をもつ Edge Insertion 法の誤差評価に使用できる基準法(理想 CDR 法)について説明します。まず、Appendix の手順にしたがって各データエッジのジッタ量を上段の図のように求めます。次に、(1)でもとめたジッタ量をもつ理想信号(立上り、立下り時間ゼロ)に中段の図のように置き換えます。この信号を前ページで説明したすべてのブロックをデジタル信号処理で実現した理想 CDR に通します。この理想 CDR の出力に現れる再生クロックのジッタ量を各補間データとして使用します。この方法は、理想的ですが、演算処理が多いためリアルタイム測定に適していません。そのため、この方法は実際の測定に使用せず、誤差評価の基準にするような提案を行ないました。アンリツでは、Appendix の評価を行う際には、いままでの Hold 法、今回採用された 24bit Window 平均法およびこの理想 CDR のすべての方法で確認した上で、基準信号値を決めています。

各審議テーマの詳細報告

Appendix VIIIの見直し

+ 審議結果 (3/3)

(3) フィルタ帯域の定義

測定精度を上げるため、オシロスコープの入力段に4次のベッセルフィルタ (-3dB帯域 Bit Rateの0.75倍) で帯域制限して評価することに決まった。
(ANNEX B/G.957およびANNEX A/G.691を参照)

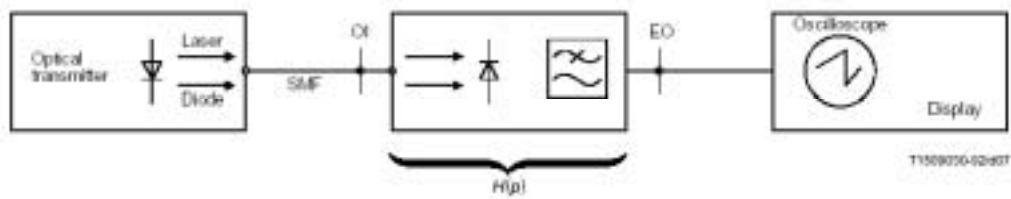


FIGURE B.1/G.957
Measurement set-up for transmitter eye diagram

Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

32

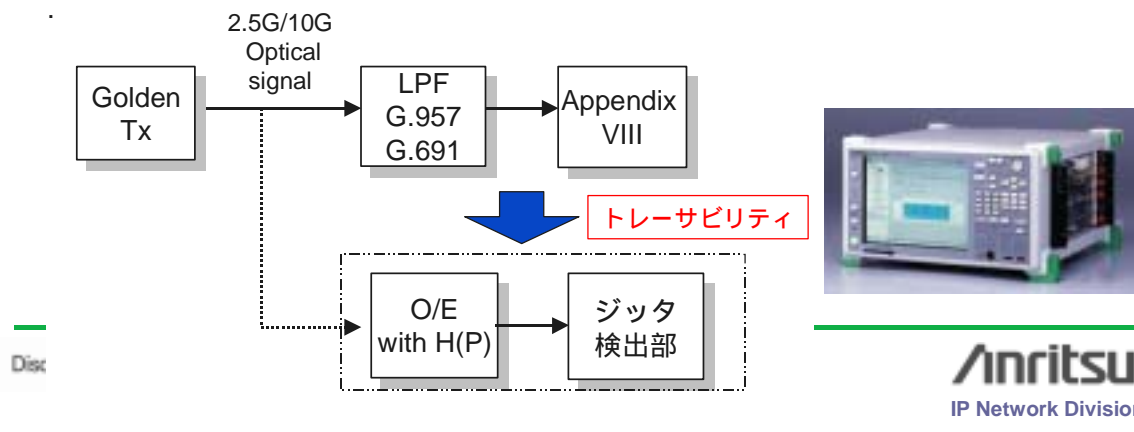
審議の結果、Appendix の検証方法の3つ目の検討課題であったオシロスコープに信号を入力する場合のフィルタ条件については、G.957, G.691 で規定されている4次のベッセルフィルタで帯域制限した信号を測定することになった。

各審議テーマの詳細報告

Appendix VIIIの見直し

MP1590B Block Diagram (参考)

- 2.5G/10Gの直接変調器の信号を IUT-T O.172 Appendix の検証方法を適応する場合は、アイマスク評価時と同じ伝達関数 $H(P)$ を含んだ条件で評価することが重要となります。
- 正確なトレーサビリティを行うためには、ジッタテスト側にも $H(P)$ の特性をもつことが必要となります。
- MP1590Bはトレーサビリティをとるために、テスト内部に $H(P)$ の特性と持っており、直接変調器の信号の場合も高精度ジッタ測定を実現しています。



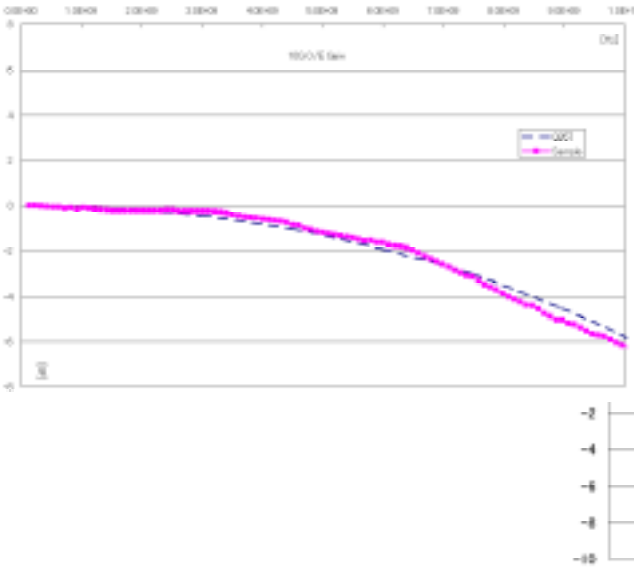
2.5G/10Gの直接変調器のジッタ測定においてトレーサビリティをとるためには、Appendixによる検証を行う際に、フィルタによる帯域制限が必要となります。今回の会合で、Appendixの検証方法を行う際には、G.957およびG.691で規定しているベッセルフィルタをオシロスコープの前に挿入して測定することが正式に決まりました。MP1590は、Appendixでジッタのトレーサビリティがとれるように設計されています。つまり、MP1590の入力部にも $H(P)$ の伝達関数特性をもたせています。今回の会合結果で、この特性が必要であることが正式に認められたこととなります。

各審議テーマの詳細報告

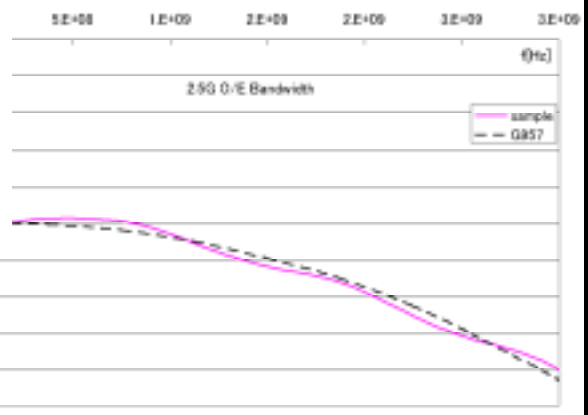
Appendix VIIIの見直し

MP1590A O/E Filter Characteristics (参考)

[10Gbit/s]



[2.5Gbit/s]



Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

34

ここに示す赤い線が、MP1590 の O/E 側のフィルタ特性です。点線が G.957 および G.691 で規定されているベッセルフィルタ特性です。いずれのレートにおいてもフィルタ特性に一致した特性になっています。



Discover What's Possible™

ITU-T ジッタ測定器の標準化最新情報

Anritsu
IP Network Division

35

正確な情報をご理解していただくために、ITU-T 会合毎に今回のような資料を作成する予定です。



お見積り、ご注文、修理などのお問い合わせは下記まで。記載事項はおことわりなしに変更することがあります。


アンリツ株式会社

<http://www.anritsu.co.jp>

本社	TEL046-223-1111	〒243-8555	神奈川県厚木市恩名5-1-1
T&M営業本部			
第1営業部	046-296-1202	243-0016	神奈川県厚木市田村町8-5
第2営業部	046-296-1203	243-0016	神奈川県厚木市田村町8-5
第3営業部	03-5320-3560	160-0023	東京都新宿区西新宿6-14-1 新宿グリーンタワービル
第4営業部	03-5320-3567	160-0023	東京都新宿区西新宿6-14-1 新宿グリーンタワービル
ネットワークス営業本部			
第1営業部	046-296-1205	243-0016	神奈川県厚木市田村町8-5
第2営業部	03-5320-3551	160-0023	東京都新宿区西新宿6-14-1 新宿グリーンタワービル
第3営業部	03-5320-3565	160-0023	東京都新宿区西新宿6-14-1 新宿グリーンタワービル
東京支店	03-5320-3559	160-0023	東京都新宿区西新宿6-14-1 新宿グリーンタワービル
北海道支店	011-231-6228	060-0042	札幌市中央区大通西5-8 昭和ビル
東北支店	022-266-6131	980-0811	仙台市青葉区一番町2-3-20 第3日本オフィスビル
関東支社	048-600-5651	330-0081	さいたま市中央区新都心4-1 FSKビル
千葉営業所	043-351-8151	261-0023	千葉市美浜区中瀬1-7-1 住友ケミカルエンジニアリングセンタービル
東関東支店	029-825-2800	300-0034	土浦市港町1-7-23 ホープビル1号館
新潟支店	025-243-4777	950-0916	新潟市米山3-1-63 マルヤマビル
中部支社	052-582-7281	450-0002	名古屋市中村区名駅3-22-4 みどり名古屋ビル
関西支社	06-6391-0111	532-0003	大阪市淀川区宮原4-1-14 住友生命新大阪北ビル
東大阪支店	06-6787-6677	577-0066	東大阪市高井田本通7-7-19 昌利ビル
中国支店	082-263-8501	732-0052	広島市東区光町1-10-19 日本生命光町ビル
四国支店	087-861-3162	760-0055	高松市観光通2-2-15 第2ダイヤビル
九州支店	092-471-7655	812-0016	福岡市博多区博多駅南1-3-11 博多南ビル

計測器の使用法、その他についてのお問い合わせは下記まで。

計測サポートセンター

 TEL: 0120-827-221、FAX: 0120-542-425
受付時間 / 9:00 ~ 17:00、月 ~ 金曜日(当社休業日を除く)
E-mail: MDVPOST@cc.anritsu.co.jp

ご使用の前に取扱説明書をよくお読みの上、正しくお使いください。

0604



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。

No. MP1590_ITU-T_Q5/SG4-J-E-1(1.00) 公知 2004-11 AKD



環境にやさしい植物性大豆油
インキを使用しています。



古紙配合率100%再生紙を
使用しています。