

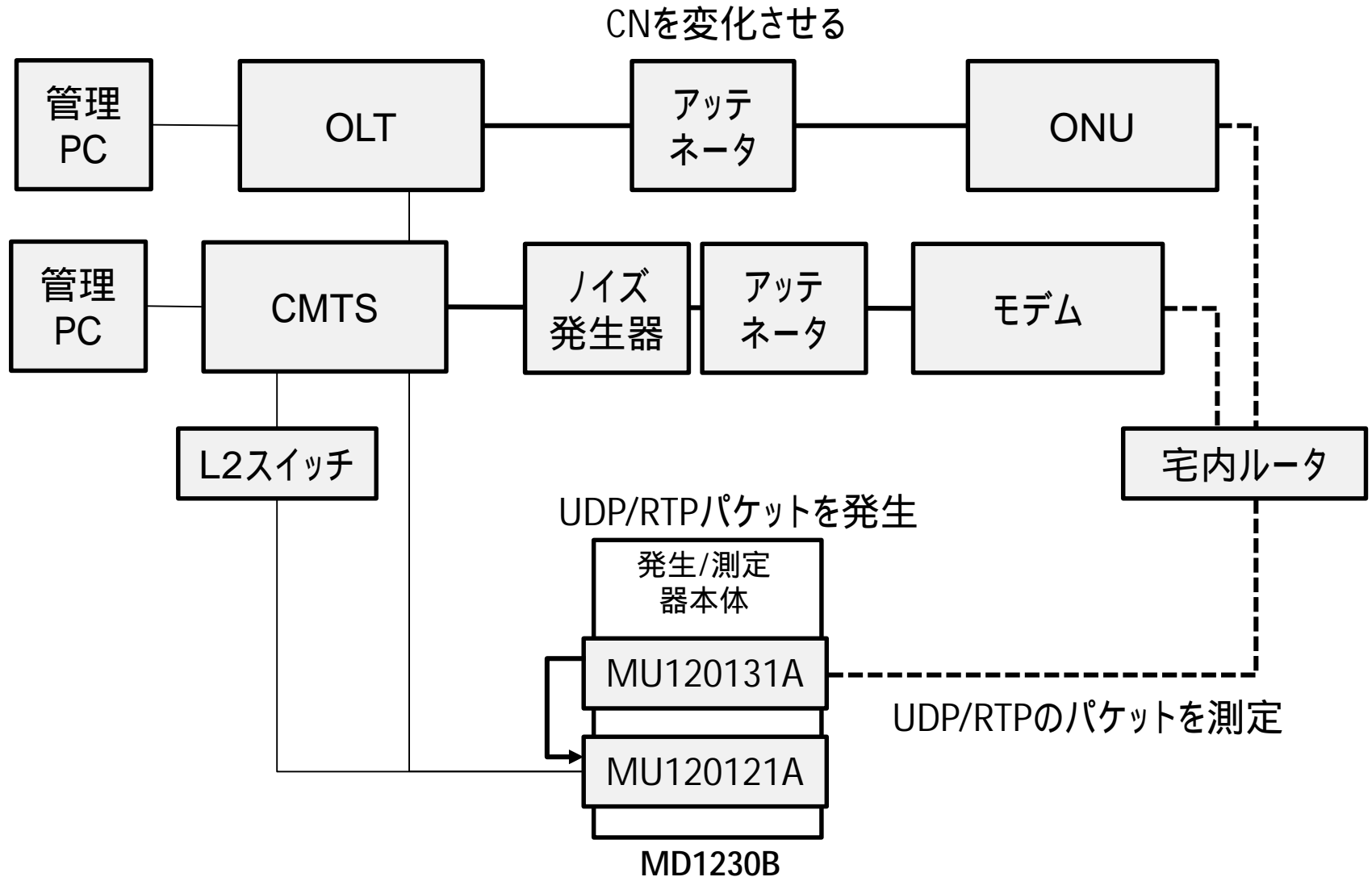
IP放送における 実証実験結果報告概要

JLabs IP放送EG

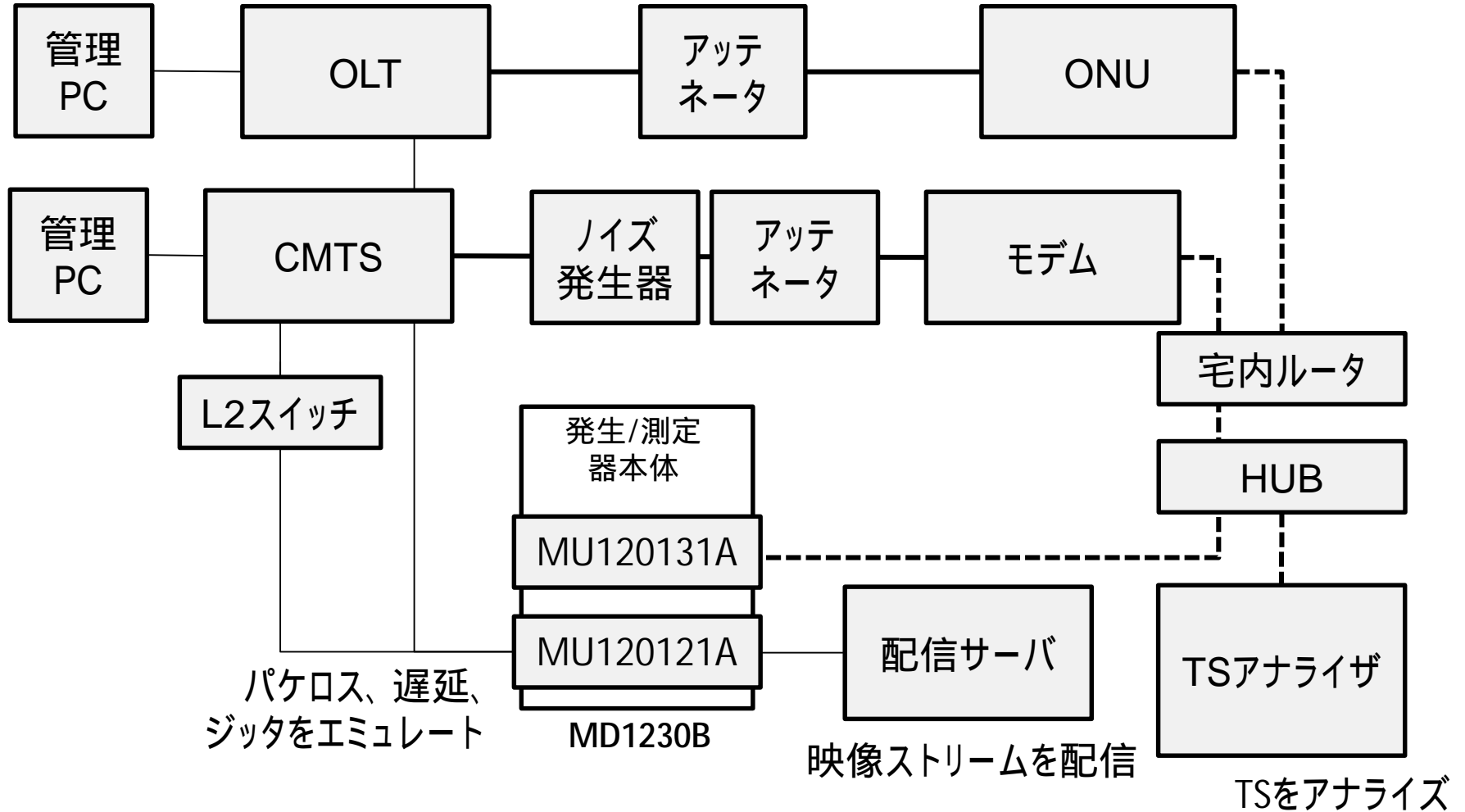
実証実験の目的

1. 伝送路の物理的要因がトランスポート層以上の品質項目に与える影響を明らかにし、物理層も含めた現実的な測定方法を求める。
 - PON/DOCSISの物理的特性の変化とIP層品質項目との相関
 - IP層品質項目の代替測定手段としての物理層品質基準
2. トランスポート層以上の品質項目（パケット損失率・遅延・揺らぎ）が放送サービスに与える影響を明らかにし、各項目の現実的な閾値を求める。
 - 各項目の変化と放送受信状況との相関
 - 各項目間の相関

物理層とトランスポート層の相関を見る実験環境



トランスポート層以上の品質項目を測定する実験環境



物理層実験結果 1

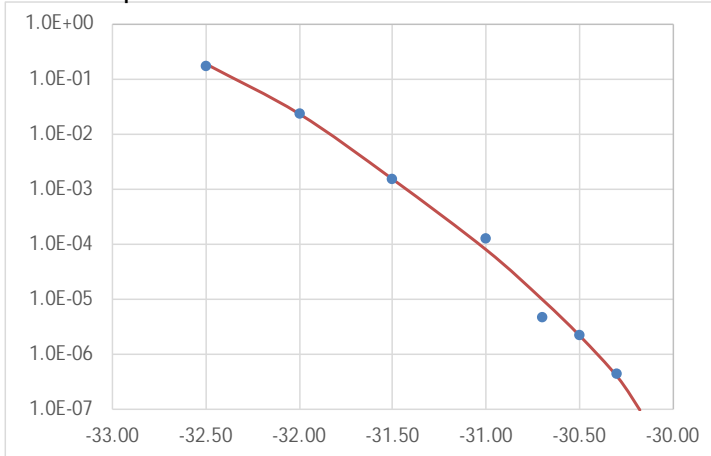
FTTH実験

試験で使用したD-ONUの許容受光レベル25.5(dBm)から受光レベルを変化させパケット損失率を測った

80Mbpsにおける受光レベルとIPパケット損失率

受光レベル(dBm)	IPパケット損失率
-32.50	1.69E-01
-32.00	2.35E-02
-31.50	1.53E-03
-31.00	1.27E-04
-30.70	4.69E-06
-30.50	2.32E-06
-30.30	4.63E-07
-30.00	< 1.00E-07
-25.50	< 1.00E-07

80Mbpsにおける受光レベルとIPパケット損失率の関係



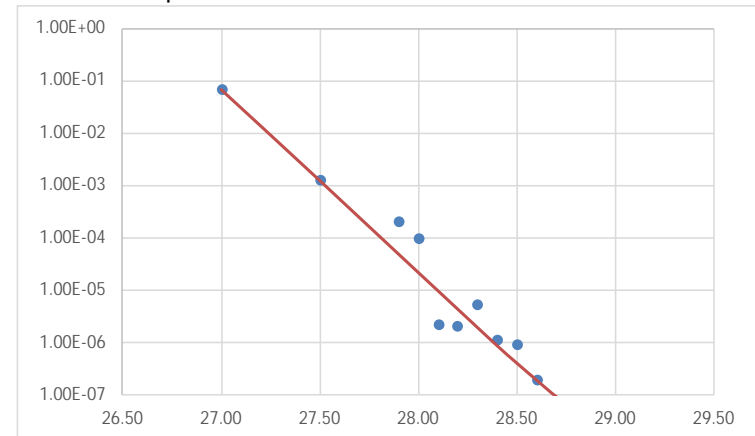
HFC実験

試験で使用したCMへのCN比を測りノイズを変化させパケット損失率を測った

80MbpsにおけるCN比とIPパケット損失率

CN比(dB)	IPパケット損失率
28.70	<1.00E-07
28.60	2.03E-07
28.50	9.29E-07
28.40	1.16E-06
28.30	5.46E-06
28.20	2.16E-06
28.10	2.34E-06
28.00	1.02E-04
27.90	2.17E-04
27.50	1.29E-03
27.00	6.96E-02

80MbpsにおけるCN比とIPパケット損失率の関係



物理層実験結果2

I FTTH実験の測定結果

得られた受光レベルとIPパケット損失率との相関係数|R|を求めると、

- 80Mbps |R| 0.739
- 12Mbps |R| 0.810

であり、強い相関がみられる。したがって、IPパケット損失率は受光レベルから推測可能であると考えられる。E-PONについては**仕様上の規定値範囲**である-25.5dBm**以上**であればよい。

I HFC実験の測定結果

得られたCN比とIPパケット損失率との相関係数|R|を求めると、

- 80Mbps |R| 0.741
- 12Mbps |R| 0.744

であり、強い相関がみられる。したがって、IPパケット損失率はCN比から推測可能であると考えられる。DOCSIS 3.0のシステムについては256QAMの場合**28.7dB以上であれば良く**、DOCSISの標準的なCN比に対し**1 (dB)程度の向上**により満たすことができる。

IP層実験結果（パケット損失）

FTTH実験

トラフィックエミュレーションでエラーを発生させTSアナライザで測定を行った

No	ビットレート	エラー率	エラー
1	80Mbps	10^{-3}	約50msec～200msecごとにContinuity_Count エラー 短いフレーム間隔でブロックノイズが入る
2		10^{-4}	約1.2秒～1.5秒ごとにContinuity_Count エラー 動きの多いシーンでブロックノイズが入る
3		10^{-5}	約7秒～23秒の間隔でContinuity_Count エラー 稀にブロックノイズが入る
4		10^{-6}	約2分～3分の間隔でContinuity_Count エラー エラー検知時点の映像を見ると一瞬フレームがずれたように 見えたが肉眼での認知は難しい



10⁻³のエラー頻度

HFC実験

CN比を変化させエラーを発生させTSアナライザで測定を行った

No	ビットレート	エラー率	エラー
1	80Mbps	10^{-7}	約10分～30分ごとにContinuity_Count エラー エラー検知時点の映像を見ると一瞬ブロックノイズが入ったように見えたが肉眼での認知は難しい

Continuity_CountエラーはTSパケットのシーケンシャルな番号の欠落を意味する

IP層実験結果（遅延・揺らぎ）

トラフィックエミュレーションで遅延・揺らぎを発生させTSアナライザで測定を行った

揺らぎの幅	TSアナライザのエラー
100msc	PCR 周波数ドリフトエラー
	PCR オーバーオールジッタ エラー
	PMT周期エラー
	PIT オーバーリミット
150msc	100mscに同じ
200msc	100mscに同じ
300msec	100mscに同じ
500msc	100mscに同じ

遅延及び揺らぎの実験ではエラーの発生量は異なるものの内容は同じものである。実験中にIP-STBが出力していた映像に乱れはなかったがTSアナライザで確認可能な映像のサムネイルは破たんしていたことからIP-STBにバッファがない場合は正常に再生できない。

実験結果概要 1

- I 実験においてFTTHとHFCで経路上の構造から出る差異以外に大きな数値的違いは無かった

- I RFとIPは特性の違う伝送方式であるため、RFと同等の品質と言う解釈を、設定した値のビットレートと時間単位に起こるエラーの回数と定義し、BERの値からPLRを算出した。
 - 例) 12MbpsのストリームでBERとPERのエラー回数
 - $PLR = 10^7 / (12\text{Mbps} / 8 / 188 * 7) = 2.4\text{時間}に1回$
 - $BER = 10^{11} / 12\text{Mbps} = 2.3\text{時間}に1回$

- I 伝送路の品質（受光パワー/CN）とパケットロスの間には相関関係が見られることがわかった。

実験結果概要 2

- 1 IPパケットの損失（ロス）は映像品質に影響する。
PLR = 1×10^{-3} 程度は視聴に堪えないが 10^{-7} 以下であれば主観的にも問題の検知が難しくなる

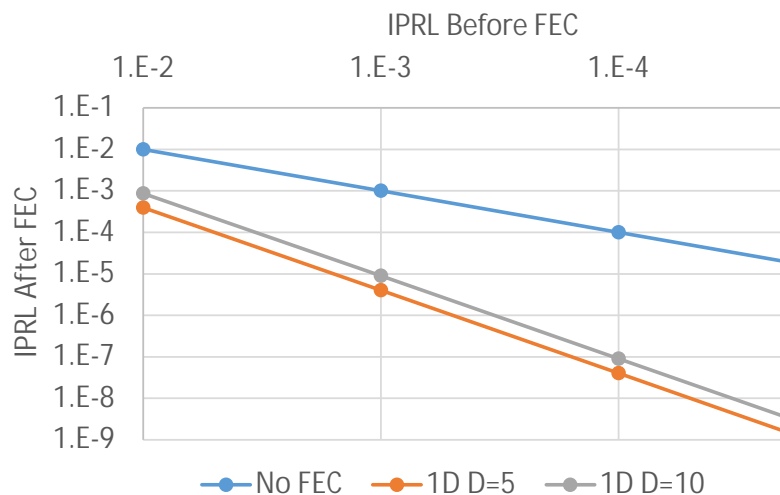
- 1 パケット損失率を計測するには長時間かかるケースもあるため、AL-FECがある場合はFEC後の値が 10^{-7} 以上になることを前提にFEC前の数値を測定する方法を提案する。

- 1 遅延と揺らぎはTSのコンプライアンス的にはNGだが、STBのバッファによって救済されるため、映像自体に変化は出ない。実験では遅延量の値を特定できるデータは得られなかった。ジッタについては測定のために挿入したジッタ量の内、100 msecの値を提案する。

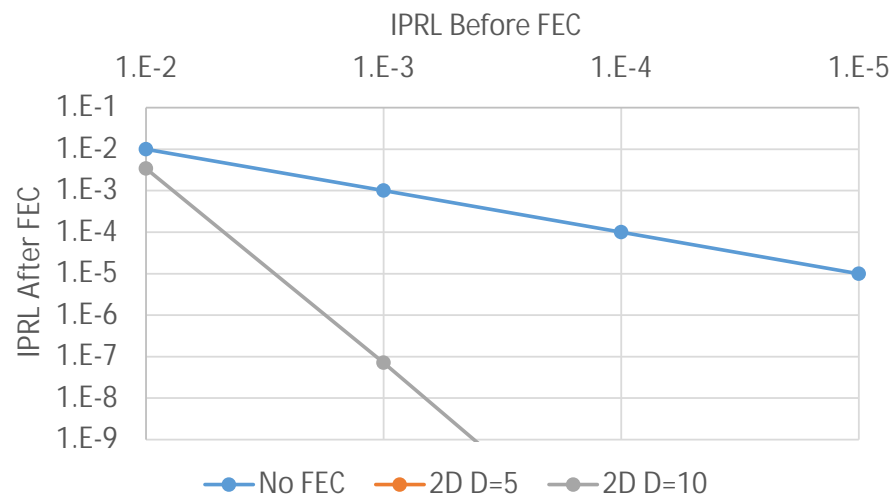
参考：Pro-MPEGの訂正能力

Pro-MPEGは、 $L \times D$ 個のRTPパケットを2次元に配置し、D方向に各パケットに対するXOR演算を適用してFECパケットを得る1D-FECと、D方向とL方向にそれぞれFECパケットを得る2D-FECとがある。以下にFEC前とFEC後のパケット損失率を掲載する。

Pro-MPEG 1D FEC

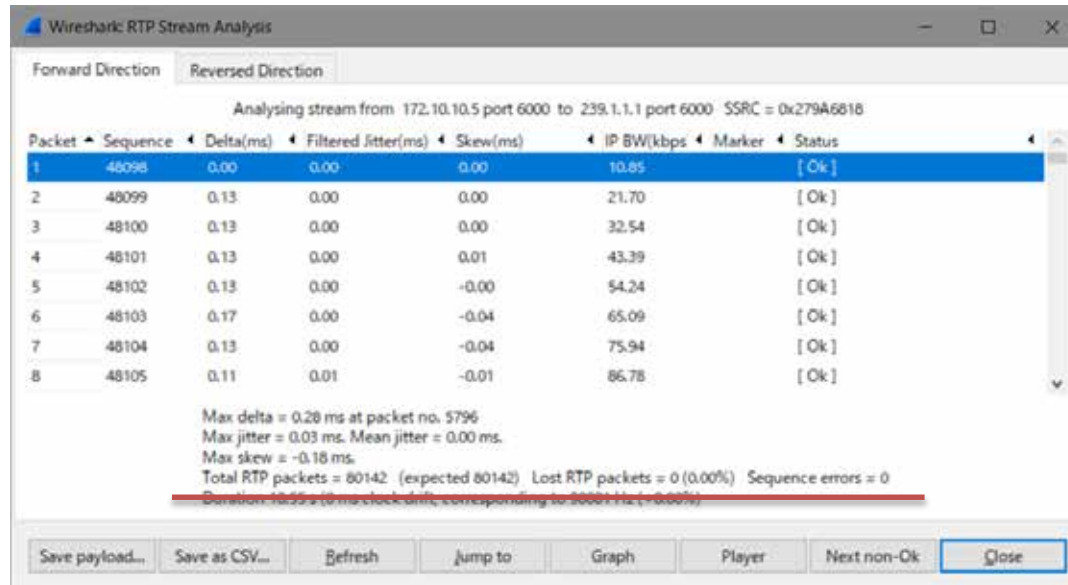


Pro-MPEG 2D FEC



参考：測定方法

- パケット損失測定についてはRTPパケット内のシーケンス番号の欠落からロスの有無を判断する。下図の赤線で示した部分がパケットロスの解析結果で、80,142個のRTPパケットを受信した際のロスは0個であったとわかる。
- パケット遅延についてはPINGの戻り値を2分の1にする方法もあるがRTPパケットの経路と異なることと、誤差があるため注意が必要である。
- パケット遅延の揺らぎについてはRTPのタイムスタンプと受信時刻の差分から算出可能である。つまりパケットの取得時刻とタイムスタンプ時刻の差分を記録し続け、これを統計的に見れば揺らぎ量を得ることができる。ただし、送出側の仕様により計測が不可能となるため注意が必要でありさらなる検討が必要である。



Analysing stream from 172.10.10.5 port 6000 to 239.1.1.1 port 6000 SSRC = 0x279A6818

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
1	48098	0.00	0.00	0.00	10.85		[Ok]
2	48099	0.13	0.00	0.00	21.70		[Ok]
3	48100	0.13	0.00	0.00	32.54		[Ok]
4	48101	0.13	0.00	0.01	43.39		[Ok]
5	48102	0.13	0.00	-0.00	54.24		[Ok]
6	48103	0.17	0.00	-0.04	65.09		[Ok]
7	48104	0.13	0.00	-0.04	75.94		[Ok]
8	48105	0.11	0.01	-0.01	86.78		[Ok]

Max delta = 0.20 ms at packet no. 5796
 Max jitter = 0.03 ms. Mean jitter = 0.00 ms.
 Max skew = -0.18 ms.
 Total RTP packets = 80142 (expected 80142) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0
 Duration: 10.552 (0 ms clock drift, corresponding to 8000 Hz ± 0.00%)