

TTC DSL 専門委員会スペクトル管理サブワーキンググループ

日付: 2005年7月15日

提出元: パラダイム

題名: G.991.2 SHDSL の32TC-PAMでのスペクトル適合性

1) 概要

G.991.2 SHDSL のスペクトル適合性は JJ100.01 D.4 に記載されている。文書には明記されていないが、これは G.991.2 AnnexA (以下単に AnnexA と記す) に関するものである。G.991.2 は 2003 年に拡張され、AnnexF(以下 AnnexF と記す)が追加された。AnnexA では変調方式は 16TC-PAM 方式のみを使うが、AnnexF では 16TC-PAM と 32TC-PAM の 2 つの変調方式を用いるほか、変調速度も拡張されている。AnnexF で用いる 32TC-PAM 方式は、使用する PSD の定義式は 16TC-PAM と基本的に同一であり、1.1MHz 以上の高周波側が拡張されたものである。また、32TC-PAM では 1 変調あたりの Payload Data のビット数が、16TC-PAM の 3 から 4 に拡張されている。従って、同一の PSD を用いて AnnexF では AnnexA の 4/3 倍の Payload Data Rate (以下 Rate と記す) が得られる。スペクトル適合性確認での使用制限では、Rate に対し制限距離を記載しているが、32TC-PAM では同一 PSD に対して Rate が増加することから、同じ制限距離で使用できる Rate も増加する。このため、32TC-PAM についての制限条件を新たに提案する。同一 PSD であるため適合性計算の結果も同じになるが、念のため再度計算を行った。

適合性計算は JJ100.01 D.4.に準拠して以下のように行った。

- 収容制限有の条件で行う。(隣接 4 回線からの干渉を計算)
- Rate 範囲を JJ100.01 に記載のもの 4/3 倍にした。ただし、附 3 に示すように、16TC-PAM の $768\text{kbps} < \text{Rate} \leq 1536\text{kbps}$ の範囲では、最悪ケースは最大 Rate の 1536kbps ではなく、1528kbps の場合であるのが、JJ100.01 に合わせて 1536kbps に最も近い PSD である 1920kbps を用いた

附 1 に計算に用いた PSD データを示す。

2) 計算結果

附 2 に各 Rate での計算結果を示す。計算結果をまとめると以下のようになる。

32TC-PAM	限界線路長
$\text{Rate} \leq 1024\text{kbps}$	4.0km
$1024\text{kbps} < \text{Rate} \leq 1920\text{kbps}$	3.75km
$1920\text{kbps} < \text{Rate} \leq 3072\text{kbps}$	2.5km

3) 提案

24 回 SMSWG 会合で、SHDSL (16TC-PAM である) の $\text{Rate} \leq 768\text{kbps}$ の場合の距離制限が特例により緩和され、距離制限無し、とされたので、32TC-PAM についても $\text{Rate} \leq 1024\text{kbps}$ の場合について特例として、距離制限無し、とすることを提案する。利用制限およびクラス、をまとめて以下のように提案する。

- ・ 収容制限：クラス A システムと同一カッドに収容不可
- ・ 距離制限：下表に示す。

32TC-PAM	限界線路長
$\text{Rate} \leq 1024\text{kbps}$	予定導入回線数が少ない（10万加入以下）こと、及び問題が発生した場合には見直しを行うことを前提に、特例として線路長制限なし。
$1024\text{kbps} < \text{Rate} \leq 1920\text{kbps}$	3.75km
$1920\text{kbps} < \text{Rate} \leq 3072\text{kbps}$	2.5km

- ・ クラス：C

附 1) G.991.2 SHDSL 32TC-PAM の PSD

PSD マスクは以下の式で定義される。

$$PSDMASK_{SHDSL}(f) = \begin{cases} 10^{-\frac{PBO}{10}} \times \frac{K_{SHDSL}}{135} \times \frac{1}{f_{sym}} \times \frac{\left[\sin\left(\frac{\pi f}{Nf_{sym}}\right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{Nf_{sym}}\right)^2} \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^{2 \times Order}} \times 10^{\frac{MaskedOffsetdB(f)}{10}} \text{ W/Hz} , & f < f_{int} \\ -90 \text{ dBm/Hz peak, with max power in the } [f, f + 1 \text{ MHz}] \text{ window of} \\ [10 \log_{10}(0.5683 \times 10^{-4} \times f^{-1.5}) + 90] \text{ dBm} , & f_{int} \leq f \leq 3.184 \text{ MHz} \\ -90 \text{ peak dBm/Hz, with max power in the } [f, f + 1 \text{ MHz}] \text{ window of} \\ -50 \text{ dBm} , & 3.184 \text{ MHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz} \end{cases}$$

ここで、MaskOffsetdB(f) は以下の式で定義する。

$$MaskOffsetdB(f) = \begin{cases} 1 + 0.4 \times \frac{f_{3dB} - f}{f_{3dB}} \text{ dB} , & f < f_{3dB} \\ 1 \text{ dB} , & f \geq f_{3dB} \end{cases}$$

f_{int} は $PSD_{SHDSL,Mask}(f)$ を定義する上 2つの関数が0から f_{sym} の範囲で交差する周波数である。

各式のパラメータを表 1 に示す。

表 1 : 32-TCPAM

Payload Bit Rate, R (kbit/s)	K_{SHDSL}	Order	N	f_{sym} (ksymbol/s)	f_{3dB}	P_{SHDSL} (dBm)
$768 \leq R \leq 5696$	7.86	6	1	$(R+8)/4$	$1.0 \times f_{sym}/2$	13.5

干渉源として計算に用いる PSD は以下の式で定義する。

$$NominalPSD(f) = \begin{cases} 10^{\frac{-PBO}{10}} \times \frac{K_{SHDSL}}{135} \times \frac{1}{f_{sym}} \times \frac{\left[\sin\left(\frac{\pi f}{Nf_{sym}}\right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{Nf_{sym}}\right)^2} \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^{2 \times Order}} \times \frac{f^2}{f^2 + f_c^2} \text{ W/Hz} , & f < f_{int} \\ 0.5683 \times 10^{-4} \times f^{-1.5} \text{ W/Hz} , & f_{int} \leq f \leq 3.184 \text{ MHz} \\ -110 \text{ dBm/Hz} , & 3.184 \text{ MHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz} \end{cases}$$

各式で、PBO はパワーバックオフの大きさであるが、計算では PBO は 0 とする。

図 1～3 に PSD を示す。参考のため同一 PSD を用いた 16TC-PAM での Rate も記してある。

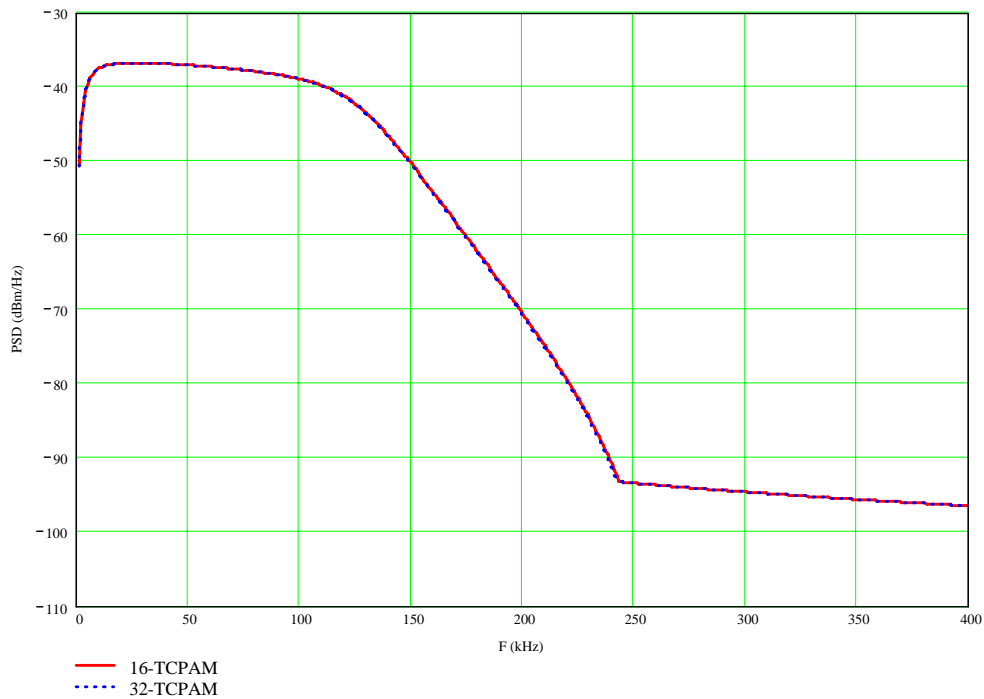
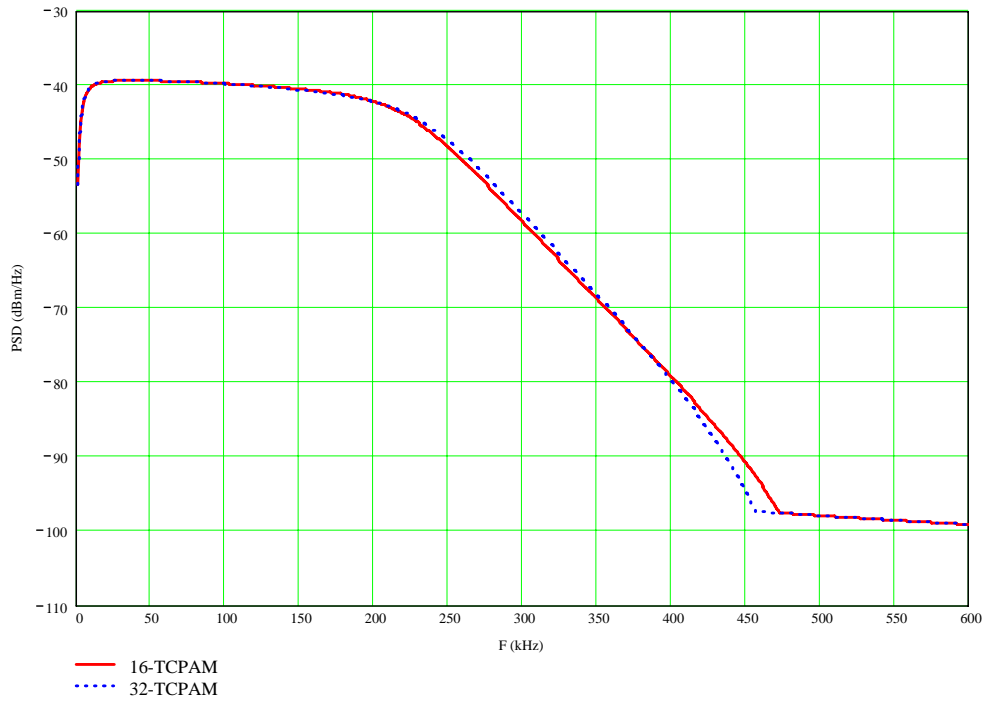
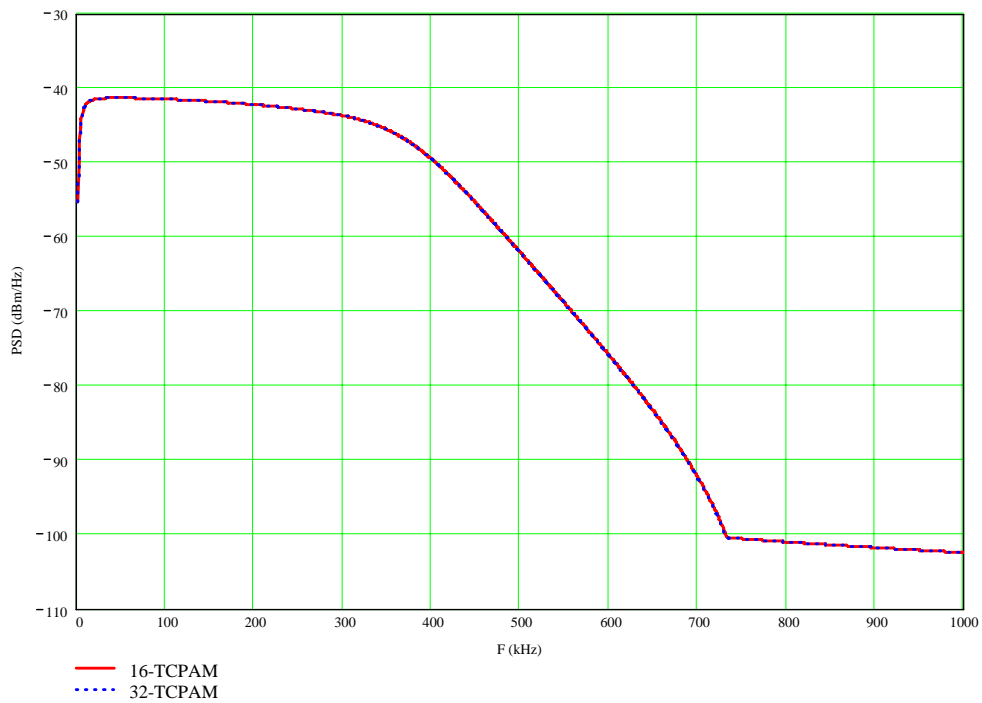


図 1 : 32TC-PAM 1024kbps (16TC-PAM 768kbps)



☒ 2 : 32TC-PAM 1920kbps (16TC-PAM 1536kbps)



☒ 3 : 32TC-PAM 3072kbps (16TC-PAM 2304kbps)

附2) 計算結果

以下、Distance は km、伝送速度は kbps である。イタリック (赤) は保護判定基準値を満たさないところである。

附2-1) 32TC-PAM : 1024kbps

Distance	TCM-ISDN		G.992.1 AnnexA FDM		G.992.2 AnnexA FDM		G.992.1 AnnexC DBM-FDM		G.992.2 AnnexC DBM-FDM	
	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US
	0.5	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008
0.75	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.25	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.5	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.75	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
2	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
2.25	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
2.5	144	144	6848	800	3008	800	6848	800	3008	800
2.75	144	144	6304	768	2976	768	6304	768	2976	768
3	144	144	5536	704	2976	704	5536	704	2976	704
3.25	144	144	4576	608	2976	608	4576	608	2976	608
3.5	144	144	3808	544	2912	544	3808	544	2912	544
3.75	144	144	3136	448	2752	448	3136	448	2752	448
4	144	144	2560	416	2528	416	2560	416	2528	416
4.25	144	144	2080	320	2208	320	2080	320	2208	320
4.5	0	0	1632	192	1856	192	1632	192	1856	192
4.75	0	0	1216	128	1440	128	1216	128	1440	128
5	0	0	864	96	1056	96	864	96	1056	96

附 2 - 2) 32TC-PAM : 1920kbps

Distance	TCM-ISDN		G.992.1 AnnexA FDM		G.992.2 AnnexA FDM		G.992.1 AnnexC DBM-FDM		G.992.2 AnnexC DBM-FDM	
	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US
	0.5	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008
0.75	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.25	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.5	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.75	144	144	7008	832	3008	832	7008	832	3008	832
2	144	144	6912	832	2912	832	6912	832	2912	832
2.25	144	144	6784	832	2784	832	6784	832	2784	832
2.5	144	144	6368	800	2624	800	6368	800	2624	800
2.75	144	144	5632	736	2464	736	5632	736	2464	736
3	144	144	4672	704	2240	704	4672	704	2240	704
3.25	144	144	3488	640	2016	640	3488	640	2016	640
3.5	144	144	2432	576	1696	576	2432	576	1696	576
3.75	144	144	1568	512	1280	512	1568	512	1280	512
4	0	0	960	416	928	416	960	416	928	416
4.25	0	0	512	352	608	352	512	352	608	352
4.5	0	0	224	256	320	256	224	256	320	256
4.75	0	0	32	192	96	192	32	192	96	192
5	0	0	0	160	0	160	0	160	0	160

附 2 - 3) 32TC-PAM : 3073kbps

Distance	TCM-ISDN		G.992.1 AnnexA FDM		G.992.2 AnnexA FDM		G.992.1 AnnexC DBM-FDM		G.992.2 AnnexC DBM-FDM	
	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US
	0.5	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008
0.75	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.25	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.5	144	144	6944	832	2912	832	6944	832	2912	832
1.75	144	144	6592	832	2688	832	6592	832	2688	832
2	144	144	6176	832	2336	832	6176	832	2336	832
2.25	144	144	5728	832	1920	832	5728	832	1920	832
2.5	144	144	4960	800	1440	800	4960	800	1440	800
2.75	144	144	3680	768	960	768	3680	768	960	768
3	144	144	2368	736	480	736	2368	736	480	736
3.25	144	144	1184	672	192	672	1184	672	192	672
3.5	144	144	448	608	96	608	448	608	96	608
3.75	144	144	0	544	32	544	0	544	32	544
4	0	0	0	480	0	480	0	480	0	480
4.25	0	0	0	416	0	416	0	416	0	416
4.5	0	0	0	320	0	320	0	320	0	320
4.75	0	0	0	224	0	224	0	224	0	224
5	0	0	0	192	0	192	0	192	0	192

附3) 16TC-PAM : 1528kbps (参考データ)

768kbps < Rate ≤ 1536kbps の範囲では、16TC-PAM の場合、1528kbps が最悪ケースであることを示す。限界線路長は 3.5km である。これは、JJ100.01 D.4. にも示されているように、1536kbps、1544kbps の PSD 定義パラメータが他の速度とは異なっているためである。

Distance	TCM-ISDN		G.992.1 AnnexA FDM		G.992.2 AnnexA FDM		G.992.1 AnnexC DBM-FDM		G.992.2 AnnexC DBM-FDM	
	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US
	0.5	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008
0.75	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.25	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.5	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	3008	832
1.75	144	144	7008	832	3008	832	7008	832	3008	832
2	144	144	6880	832	2880	832	6880	832	2880	832
2.25	144	144	6688	832	2752	832	6688	832	2752	832
2.5	144	144	6272	800	2560	800	6272	800	2560	800
2.75	144	144	5504	768	2368	768	5504	768	2368	768
3	144	144	4512	704	2112	704	4512	704	2112	704
3.25	144	144	3232	640	1856	640	3232	640	1856	640
3.5	144	144	2176	576	1440	576	2176	576	1440	576
3.75	144	144	1344	512	1024	512	1344	512	1024	512
4	0	0	768	448	704	448	768	448	704	448
4.25	0	0	352	352	416	352	352	352	416	352
4.5	0	0	96	256	192	256	96	256	192	256
4.75	0	0	0	192	0	192	0	192	0	192
5	0	0	0	160	0	160	0	160	0	160