

日付: 2003年8月7日

提出元¹: Centillium Communications

題名: ADSL: Annex C 長延化 PSD 改版

概要

本寄書では日本向けの長延化のためのソリューションの検討を行う。本寄書は性能シミュレーションの条件及びスペクトル適合性の計算の条件の変更に伴って ITU-T 寄書 DC-071 を改版したものである。

1. 寄書の内容

日本向けの長延化機能として現在 FBM-sOL (Profile 3) が定められている。現在 G.992.3 Annex L (READSL)においていくつかの新たな PSD が提案されている。Annex L の重要なコンセプトは低周波の bin をブーストされた PSD とともに使用することである。高域の bin を使用しないため(長距離では有用ではないため)、総電力の制限を越えること無しに PSD のブーストが可能となる。本寄書では Annex C FBM の性能改善のために利用しうる Annex L のいくつかのアイデアを検討する。

FBM-sOL の拡張として Annex C にブースト PSD を使用するためには、提案された PSD がスペクトル適合性のための保護判定基準を満たすことを確認しなければならない。本寄書ではブーストされた PSD の使用がスペクトル適合性に関する問題無しに使用可能であることを示している。

また本寄書では性能の検討も行っている。シミュレーションの結果、ブースト PSD を使用する FBM-sOL の拡張版の下り性能は、オリジナルの FBM-sOL より改善されることを示している。

2. 提案内容

提案されている G.992.3 Annex L には 2 種類の上り PSD (Narrow 及び Wide)そして 2 種類の下り PSD (OV 及び NOV)が存在する。上りの Narrow は bin 6-14 を、Wide は bin 6-24 を使用している。総電力は bin 6-31 を使用するオリジナルの ADSL の上りと同一である。より少ない bin 数の使用により PSD レベルを上げることが出来る。長距離の下りにおいて、127 以上の bin は大きな線路損失により有用ではない。従って OV 及び NOV の最大 bin は 127 に制限されている。OV と NOV は bin 32-127 ではわずかな相違を除きほとんど同一である。PSD レベルは bin 32 では およそ 40dbm/Hz であり、OV では bin 82、NOV では bin 64 の 37dbm/Hz まで直線的に増加する。OV では bin 6-23 も使用する。これらの PSD を Figure 1 に示す。左の図は下りの

¹ 連絡先: Centillium Communications
Les Brown; Tel: +1-510-771-3662; E-mail: les@centillium.com
Guozhu Long; Tel: +1-510-771-3404; E-mail: guozhu@centillium.com
Kazuhiko Goukon; Tel: +81-3-5733-8503; E-mail: goukon@centillium.com

OV と NOV を示し、右の図は上りの Narrow と Wide を示す。これら Wide、Narrow と OV、NOV のよる 4 種類の組み合わせが可能である。

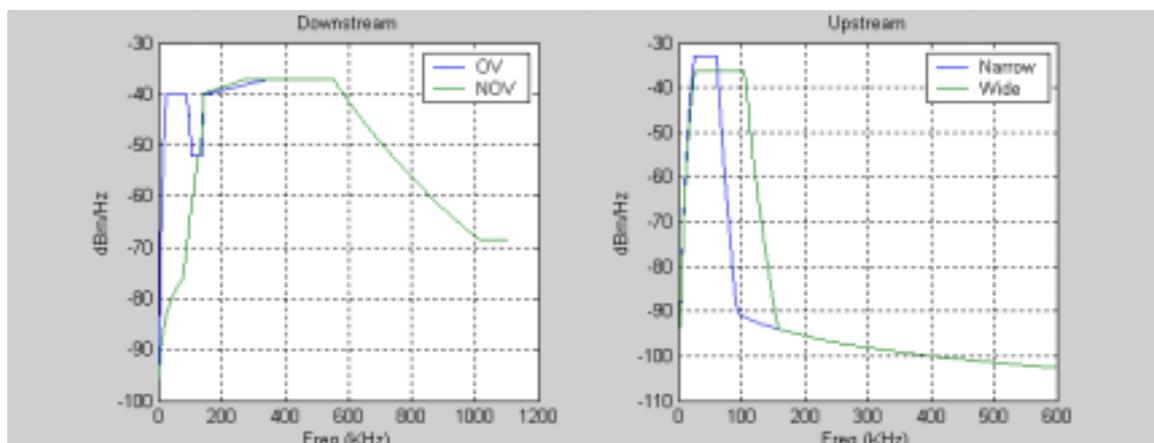


Figure 1: G.992.3 Annex L の PSD

FBM-sOL では下りに bin 6-255 を、bin 6-7 の PSD を低減するシェイピングとともに、使用している。FBM-sOL は長距離向けであるため、Annex L と同様に、127 以上の bin は基本的に有用ではなく、bin 127 またはそれ以下の帯域の使用により PSD をブーストすることが出来る。日本国内ではスペクトル管理標準が存在するため、スペクトル適合性と性能の両者を考慮した最適化した PSD を選択する必要がある。本寄書では、Annex L の下り PSD の bin 32 以上を若干変更した PSD を提案している。bin 32 以下はオリジナルの FBM-sOL の PSD を使用する。bin 32 以上では、PSD は bin 32 の 40dbm/Hz から bin 60 の 34dbm/Hz に向けて増加し、そして bin 60 から 84 まで 34dbm/Hz を保つ。84 以上の bin は使用しない。この PSD は 138 から 362.25kHz においては OV PSD 及び NOV PSD より若干高くなる。シミュレーションの結果は提案する PSD が Annex L の PSD より性能が良いことを示している。スペクトル適合性に関しては別の章で検討を行う。

上りに関しては、オリジナルの ADSL の上り PSD (6-31)、Annex L Wide 及び Narrow のシミュレーションを行った。シミュレーションの結果 Wide 及び Narrow ではオリジナルの ADSL 上り PSD より性能が改善されないことが明らかとなった。

Figure 2 は提案する拡張 FBM-sOL (EFBM-sOL)の上りと下りの PSD を示す。Table 1 は提案する下り PSD マスクの定義を示す。下りの総電力は 20dbm である。上りに関してはオリジナルの ADSL の上り、bin 6-31、と同一である。

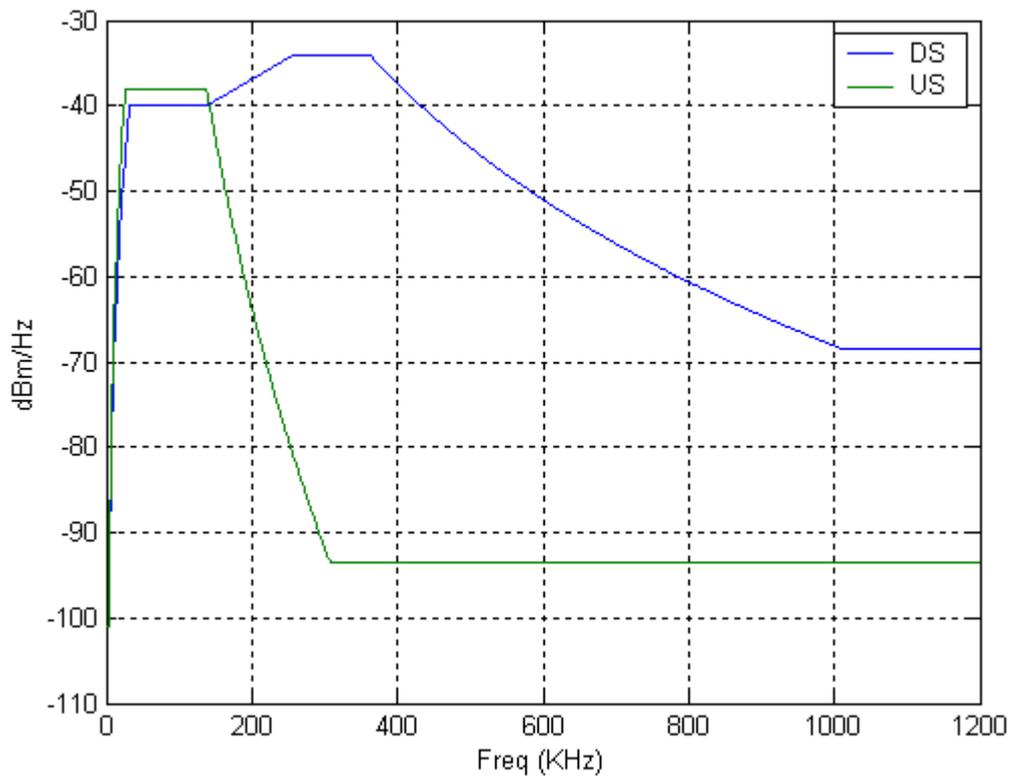


Figure 2: EFBM-sOL の PSD

Table 1: Figure 2 に示す下り PSD マスク

Frequency f (KHz)	PSD (dBm/Hz) Peak values
$0 < f < 4$	-97.5, with max power in the in 0-4 kHz band of +15 dBm
$4 < f < 5$	$-92.5 + 18.64 \log_2(f/4)$
$5 < f < 5.25$	-86.5
$5.25 < f < 16$	$-86.5 + 15.25 \log_2(f/5.25)$
$16 < f < 32$	$-62 + 25.5 \log_2(f/16)$
$32 < f < 138$	-36.5
$138 < f \leq 258.75$	$-36.5 + 0.0497*(f-138)$
$258.75 < f \leq 362.25$	-30.5
$362.25 < f \leq 1012$	$-30.5 - 23.27 \times \log_2(f/362.25)$
$1012 < f \leq 1800$	-65
$1800 < f \leq 2290$	$-65 - 72 \times \log_2(f/1800)$
$2290 < f \leq 3093$	-90
$3093 < f \leq 4545$	-90 peak, with max power in the $[f, f + 1 \text{ MHz}]$ window of $(-36.5 - 36 \times \log_2(f/1104) + 60)$ dBm
$4545 < f \leq 11\ 040$	-90 peak, with max power in the $[f, f + 1 \text{ MHz}]$ window of -50 dBm
NOTE 1 –	All PSD measurements are in 100 Ω ; the POTS band total power measurement is in 600 Ω .
NOTE 2 –	The breakpoint frequencies and PSD values are exact; the indicated slopes are approximate.
NOTE 3 –	Above 25.875 kHz, the peak PSD shall be measured with a 10 kHz resolution bandwidth.
NOTE 4 –	The power in a 1 MHz sliding window is measured in a 1 MHz bandwidth, starting at the measurement frequency.
NOTE 5 –	The step in the PSD mask at 4 kHz is to protect V.90 performance. Originally, the PSD mask continued the 21 dB/octave slope below 4 kHz hitting a floor of -97.5 dBm/Hz at 3400 Hz. It was recognized that this might impact V.90 performance, and so the floor was extended to 4 kHz.
NOTE 6 –	All PSD and power measurements shall be made at the U-C interface (see Figure 5-4 and Figure 5-5); the signals delivered to the PSTN are specified in Annex E.

3. 性能のシミュレーション

下記の条件で性能計算を行った。

- SNR ギャップ = 9.75dB
- グロスコーディングゲイン = 7.5dB
 - ビット搭載量の計算には本数字を使用した。パイロードの計算時には Trellis 及び R/S オーバーヘッドを考慮している。
- 最大搭載ビット数 = 15
- 最小搭載ビット数 = 1
- 0.4mm PE ケーブル使用
- -140dBm/Hz AWGN 及び 99%累積値での 5 干渉源 (同一カッドを含む) を考慮 (npsIn = 50, fpsIn = 51.5)

Figure 3 はオリジナルの FBM-sOL との性能比較を示す。シミュレーションの結果は 3 km 以上の距離においてオリジナルの FBM-sOL より性能が若干良いことを示している。ここでは FBM-sOL が主に長距離において使用されるため、5 km 以上の線路長での性能を示す。

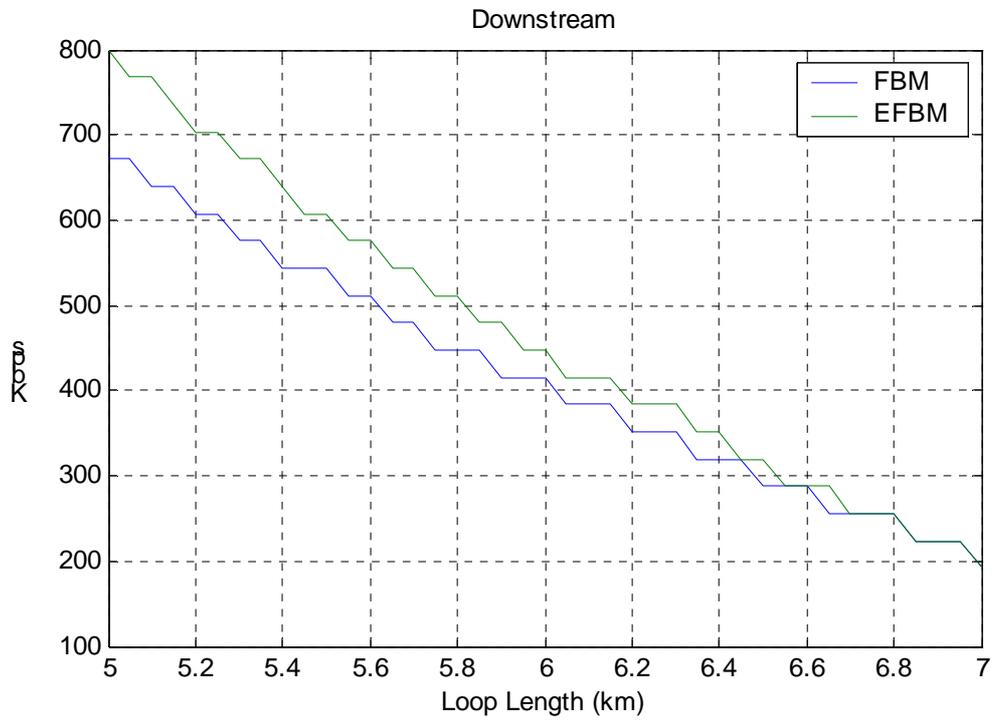


Figure 3: EFBM-sOL 及びオリジナルの FBM-sOL の下り性能

Figure 4 に オリジナルの ADSL の上り PSD (bins 6-31)、Annex L Narrow (bins 6-14) 及び Annex L Wide (bins 6-24) の上り性能を示す。Figure 4 から Annex L Narrow 及び Wide の上り性能は、オリジナルの ADSL の上りより 7.5 km 以上の線路長を除き悪いことがわかる。しかしこの距離での使用は実際的ではないと言える。

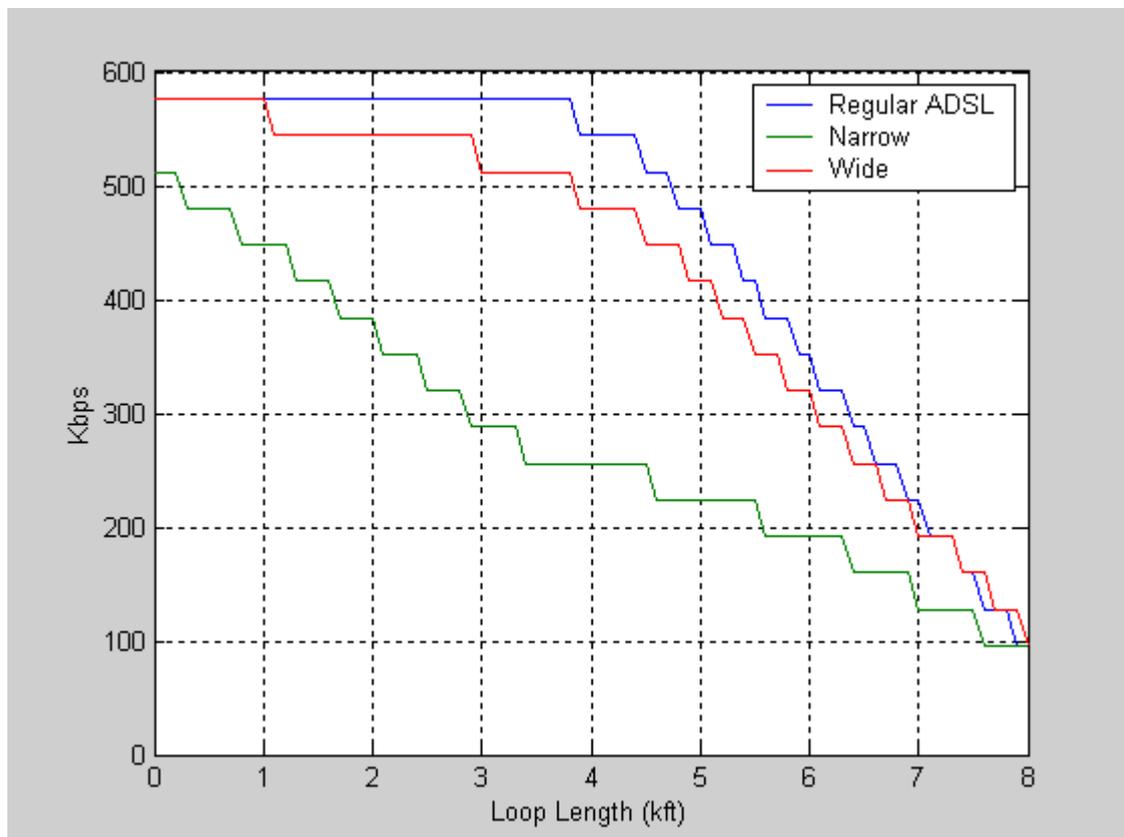


Figure 4: オリジナル FBM-sOL、Annex L Narrow 及び Wide の上り性能

DSL 仕様検討 SWG において長距離向けソリューションの評価のためのテスト条件のための議論が行われている (GSV 社寄書参照)。この議論はまだ完了していない。

未解決の問題として下記が存在する:

- (1) 長距離線路上に存在する代表的なシステムに関し議論の中で相違する意見が見られた。
- (2) 5 km を超える線路長でのスペクトル適合性のためのガイドラインは現在は存在しない。スペクトル管理 SWG で議論が行われており、ガイドラインが定義される予定。

ここでは GSV 社の寄書に示されている条件下で EFBM-sOL のシミュレーションを行った。その結果を Tables 2 及び 3 に示す。Table 2 は下り性能を示し、Table 3 は上り性能を示す。

ここで性能評価の条件としては下記を使用している。

CO/CP Noise	Self	TCM-ISDN	g.992.1 FDM	g.992.1 OL	FBMsOL	WN -140dbm/hz
N1	1 Intra	0	0	0	0	background
N2	0	1 Intra	0	0	0	background
N3	0	0	1 Intra	0	0	background
N4	0	0	0	1 Intra	0	background
N5	0	0	0	0	1 Intra	background

L1	5 km 0.4mm POLY
L2	5.5km 0.4 mm POLY
L3	6km 0.4 mm POLY
L4	6.5km 0.4mm POLY
L5	7km 0.4mm POLY
L6	L1 + 1BT
L7	L2 + 1BT
L8	L3 + 2BT
L9	L4 + 1BT

Table 2: EFBM-sOL の下り性能

EFBMSOL	N1	N2	N3	N4	N5
L1	736	736	608	384	768
L2	512	512	608	384	512
L3	320	320	608	384	320
L4	192	192	608	384	192
L5	64	64	608	384	64
L6	640	640	608	384	640
L7	448	448	608	384	448
L8	160	160	480	320	160
L9	128	128	608	384	128

Table 3: EFBM-sOL の上り性能

EFBMSOL	N1	N2	N3	N4	N5
L1	512	480	352	32	512
L2	448	448	288	0	448
L3	384	384	256	0	384
L4	352	352	192	0	352
L5	288	288	160	0	288
L6	480	448	320	32	480
L7	416	416	256	0	416
L8	320	320	192	0	320
L9	288	288	160	0	288

比較のために、Table 4 にオリジナルの EBM-sOL の下り性能を示す。上りに関しては両者とも基本的に同一である。

Table 4: FBM-sOL の下り性能

FBMSOL	N1	N2	N3	N4	N5
L1	640	608	480	256	640
L2	384	384	480	256	384
L3	224	224	480	256	224
L4	96	96	480	256	96
L5	32	32	480	256	32
L6	512	512	480	256	512
L7	320	320	480	256	320
L8	64	64	352	192	64
L9	64	64	480	256	64

Table 5 にオリジナルの FBM-sOL に対する EFBM-sOL の性能の優位性を示す。すべてのテストケースにおいて FBM-sOL より EFBM-sOL の下りが高速であることがわかる。

Table 5: Delta = EFBM-sOL - FBM-sOL

FBMSOL	N1	N2	N3	N4	N5
L1	96	128	128	128	128
L2	128	128	128	128	128
L3	96	96	128	128	96
L4	96	96	128	128	96
L5	32	32	128	128	32
L6	128	128	128	128	128
L7	128	128	128	128	128
L8	96	96	128	128	96
L9	64	64	128	128	64

Tables 6 及び 7 に5つの異なるノイズ条件下での 5 km から 7 km の Straight Loop における EFBM-sOL の下り及び上りの性能を示す。

Table 6: EFBM-sOL の下り性能 (5-7km straight loop)

Loop Length (km)	N1	N2	N3	N4	N5
5.0	736	736	608	384	768
5.1	704	704	608	384	704
5.2	640	640	608	384	672
5.3	608	608	608	384	608
5.4	576	576	608	384	576
5.5	512	512	608	384	512
5.6	480	480	608	384	480
5.7	448	448	608	384	448
5.8	416	416	608	384	416
5.9	352	352	608	384	352
6.0	320	320	608	384	320
6.1	288	288	608	384	288
6.2	256	256	608	384	256
6.3	224	224	608	384	224
6.4	192	192	608	384	192
6.5	192	192	608	384	192
6.6	160	160	608	384	160
6.7	128	128	608	384	128
6.8	96	96	608	384	96
6.9	96	96	608	384	96
7.0	64	64	608	384	64

Table 7: EFBM-sOL の上り性能 (5-7km straight loop)

Loop Length (km)	N1	N2	N3	N4	N5
5.0	512	480	352	32	512
5.1	480	480	352	32	480
5.2	480	480	320	32	480
5.3	480	480	320	32	480
5.4	448	448	320	32	448
5.5	448	448	288	0	448
5.6	448	448	288	0	448
5.7	416	416	288	0	416
5.8	416	416	256	0	416
5.9	416	416	256	0	416
6.0	384	384	256	0	384
6.1	384	384	224	0	384
6.2	384	384	224	0	384
6.3	352	352	224	0	352
6.4	352	352	192	0	352
6.5	352	352	192	0	352
6.6	320	320	192	0	320
6.7	320	320	192	0	320
6.8	288	288	160	0	288
6.9	288	288	160	0	288
7.0	288	288	160	0	288

ここで Annex A-OL の漏話環境下においては、EFBM-sOL の上りがほとんど動作しなくなることが明らかである。これは ATU-C の下りの NEXT が ATU-C の上りの受信側に影響を与えることが原因である。干渉源と干渉先はともに局舎に存在するため、干渉元の CPE がどこにあるか

は問題ではない。高周波での大きな線路損失により、いかなる長距離向けのシステムにおいても低周波は非常に重要である。従って実際の運用に際しては Annex A-OL システムの存在する線路と長距離向けシステムは遠ざける必要がある。また長距離システムの評価にあたっては Annex A-OL を干渉源から外す必要がある。

4. スペクトル適合性

5 km 以上の距離におけるスペクトル管理のガイドラインは現在検討中である。その検討にはまず下記を定める必要がある。

- (1) 長距離において保護されるべきシステム
- (2) 5 km 以下での緩和値。長延化システムは 5 km 以上の距離での使用を意図したものである。もしそのようなシステムを 5 km 以下の線路長で評価した場合、現在のスペクトル適合性のための要求条件を満たさないことがありえる。適切な緩和値による要求条件を緩和が考えられる。

現在新たなガイドラインが定まっていないため、ここでは 5 km 以内の線路長での評価を行い、保護判定基準値との比較を行った。

Table 8 に改訂された保護判定基準値を示す。

Table 8: PE ケーブルでの保護判定基準値、余干渉源総数 5

Length (km)	ISDN		G.992.1 AnnexA (FDM)		G.992.2 AnnexA		G.992.1 AnnexC				G.992.2 AnnexC			
			DBM				FBM*		DBM		FBM*			
	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US
0.5	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	2624	288	3008	832	1088	288
0.75	144	144	6784	832	2944	832	6912	832	2592	288	2944	832	1088	288
1.0	144	144	5952	832	2624	832	6368	832	2528	288	2752	832	1088	288
1.25	144	144	4896	800	2272	800	5696	800	2496	288	2528	800	1088	288
1.5	144	144	3840	768	1824	768	5024	800	2432	288	2272	800	1088	288
1.75	144	144	2496	736	1440	736	4192	768	2400	288	2016	768	1088	288
2.0	144	144	1696	704	960	704	3680	736	2336	288	1696	736	1088	288
2.25	144	144	1088	640	640	640	3296	704	2240	288	1504	704	1088	288
2.5	144	144	704	576	352	576	3008	672	2080	288	1312	672	1056	288
2.75	144	144	480	512	160	512	2720	640	1856	288	1216	640	1056	288
3.0	144	144	320	448	96	448	2368	576	1536	288	1184	576	1024	288
3.25	144	144	224	352	64	352	1984	512	1280	288	1152	512	992	288
3.5	144	0	128	288	32	288	1632	480	1056	288	1120	480	928	288
3.75	0	0	64	224	32	224	1344	448	832	256	1088	448	832	256
4.0	0	0	32	192	0	192	1088	416	640	256	1024	416	704	256
4.25	0	0	0	160	0	160	928	416	480	256	928	416	576	256
4.5	0	0	0	128	0	128	768	384	352	224	832	384	416	224
4.75	0	0	0	96	0	96	608	352	224	224	704	352	288	224
5.0	0	0	0	64	0	64	416	352	128	224	544	352	192	224

* FBM は保護対象ではないため単なる参考値である。

Table 9 に EFBM-sOL のスペクトル適合性を示す。計算条件として 0.4 mm PE ケーブルにおける余干渉源総数 5 を使用している。Table 9 により EFBM-sOL は 5 km 以内で保護判定基準値を満足している。

Table 9: PE ケーブルでの EFBMsOL のスペクトル適合性 (余干渉源総数5)

Length (km)	ISDN		G.992.1 AnnexA (FDM)		G.992.2 AnnexA		G.992.1 AnnexC				G.992.2 AnnexC			
							DBM		FBM		DBM		FBM	
	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US
0.5	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	2624	288	3008	832	1088	288
0.75	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	2624	288	3008	832	1088	288
1.0	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	2624	288	3008	832	1088	288
1.25	144	144	7104	832	3008	832	7104	832	2624	288	3008	832	1088	288
1.5	144	144	7072	832	2976	832	7072	832	2624	288	2976	832	1088	288
1.75	144	144	7040	800	2976	800	7072	800	2592	288	2976	800	1088	288
2.0	144	144	6976	768	2976	768	7040	800	2592	288	2976	800	1088	288
2.25	144	144	6656	736	2944	736	6848	768	2592	288	2976	768	1088	288
2.5	144	144	6080	672	2880	672	6432	736	2528	288	2944	736	1088	288
2.75	144	144	5280	608	2848	608	5760	672	2368	288	2912	672	1088	288
3.0	144	144	4320	544	2784	544	4928	640	2112	288	2880	640	1088	288
3.25	144	144	3488	480	2688	480	4096	608	1760	288	2816	608	1056	288
3.5	144	144	2784	384	2496	384	3328	544	1440	288	2688	544	1056	288
3.75	144	144	2208	288	2208	288	2720	480	1184	288	2464	480	992	288
4.0	144	144	1728	224	1888	224	2176	448	992	288	2208	448	960	288
4.25	144	144	1312	192	1568	192	1696	416	800	288	1888	416	864	288
4.5	144	144	960	128	1152	128	1312	384	704	288	1504	384	768	288
4.75	144	144	640	96	800	96	992	352	576	288	1184	352	640	288
5.0	144	144	384	64	512	64	736	352	480	288	864	352	544	288

5. 結論

Figure 2 の PSD の下り性能は 3 km 以上の距離において常に元の FBM-sOL より優れている。従ってここで EFBM-sOL として提案された PSD は長距離においてより早い下り速度を実現する。

Annex L の上り PSD、Wide 及び Narrow、は FBM-sOL の改善の助けにはならない。従ってオリジナルの上り PSD を使用すべきである。