

DSL 専門委員会標準制定状況

DSL 専門委員会 スペクトル管理 SWG リーダ 吉井 伸一郎

1. はじめに

DSL 専門委員会内のスペクトル管理 SWG では、メタリック加入者回線の同一ケーブル上で複数伝送システムが共存できるよう、伝送システム相互間の漏話の許容範囲を定めている。このような許容範囲を定めた標準を JJ-100.01 と呼び、これによって、合理的なスペクトルの利用環境を保障するとともに、メタリック加入者回線が有効に利用されることを目指している。

2006 年度第 2 四半期の第 58 回標準化会議では、FTTR (fiber to the remote terminal) 方式を中心に JJ-100.01 第 4 版を付議し、本年 11 月 24 日に制定された。本報告においては、この新たに制定された JJ-100.01 第 4 版の概要について述べる。

2. 標準内容の概略

インターネット等のための高速データ伝送サービスを可能とする DSL は、電話局から利用者宅までのメタリック加入者回線（メタルケーブル）を利用している。メタルケーブル上の信号は、距離の長さとともに減衰することに加え、近接回線からの信号の漏えいにより干渉を受ける（図 1）。

仮に、単一の通信事業者のみが、メタリック加入者回線の伝送システム技術を利用しサービスを行う場合であれば、単独でスペクトル適合性に

関する責任を持つことができる。しかし、日本国内においては、メタリック加入者回線は複数の通信事業者が様々なサービスを提供することができるようルール化されている。そこで、複数伝送システムを共存させるためのスペクトル管理が必要となり、その管理法を定めるのが JJ-100.01 である。

JJ-100.01 では、スペクトル適合性の確認する方法として、信号電力の制限による方法と適合性の計算による方法を定めている。より高速なサービスを求める利用者のニーズを満たすため、信号帯域の拡張など DSL 技術は急速な進歩を遂げた。そして、次々と開発される新たな DSL 技術に対応したスペクトル管理を実現するために、当 SWG においては、第 2 版、第 3 版と JJ-100.01 の改訂が行われてきた。

この度、新たに制定された JJ-100.01 第 4 版では、FTTR と呼ばれる方式のスペクトル管理法を中心に改訂作業が進められた。FTTR 方式の検討開始からおよそ一年、10 回の会合を経てまとめられたものである。

3. FTTR 方式とは

我が国が短期間にうちにブロードバンド大国となった原動力の一つとして、ADSL があったこ

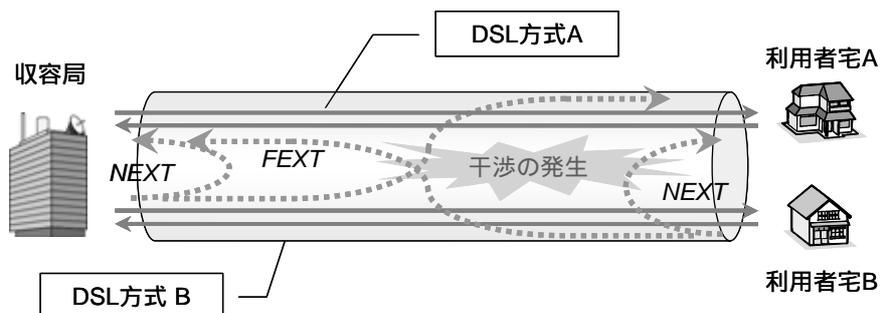


図 1 信号の漏えいによる干渉

とに異を唱える者はいないだろう。ダブルノックアップスペクトル、上り拡張方式など、ますますハイエンド化するニーズの拡大に伴い、ADSL 技術は着実に改良され続けた。一方で、ADSL を上回る通信サービスとして昨年あたりから急速に普及しつつあるのが、光ファイバを利用した FTTH (fiber to the home) である。単月あたりの加入者数では、すでに ADSL を大きく凌いでいる。

このような ADSL から FTTH への世代交代の最中に登場した新たな方式が FTTR である。FTTR は、収容局から利用者宅の近くのき線点までは FTTH のように光ファイバを使って伝送し、柱上に DSL 装置を設置することにより、そこから先をメタリックケーブルを利用してサービスを提供する (図 2)。

過去に ADSL が一月あたり何十万もの利用者を獲得できたのは、利用者宅への引き込みの容易さによるところが大きい一方、局からの距離によって伝送速度が低下するというデメリットもある。しかしながら、FTTR では、利用者宅の近くまで光ファイバを使うため、距離による劣化が少ない。さらに、最終的には DSL 技術を使ってサービスを提供するため、光ファイバの引き込み工事を必要としないことも大きなメリットと考えられる。

なお、FTTR に用いられる DSL 技術として VDSL2 を用いれば、上り/下りの伝送速度は数十 Mbps ~ 100Mbps が期待できる。

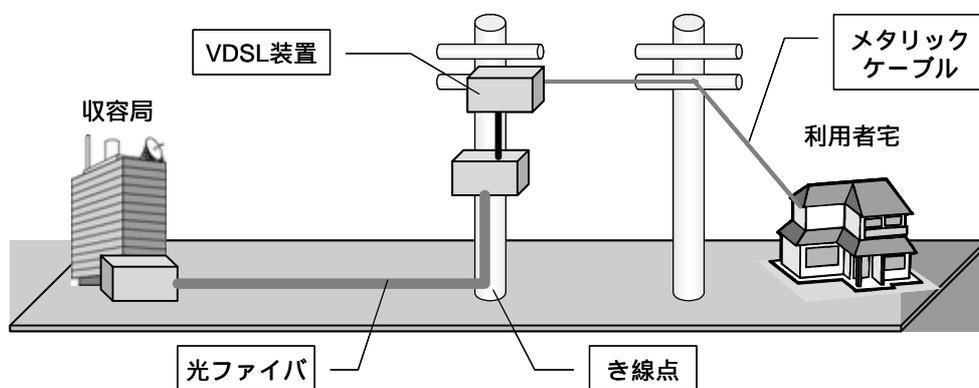


図 2 FTTR サービス提供例

4. JJ-100.01 第 4 版

メタリック加入者回線を利用する伝送システムには、同一収容局からユーザ終端装置までメタリックケーブルを利用する形態と、収容局とユーザ終端装置との中間地点に TU-C を設置する形態がある。には、ユーザビル構内のメタリック回線を利用する FTTB (fiber to the building) と、き線点下部の架空メタリック加入者回線を利用する FTTR などがある。

JJ-100.01 第 3 版までは、同一収容局からユーザ終端装置までメタリックケーブルを利用する形態が対象モデルとなっている。第 4 版においては、新たに の利用形態を検討対象とし、以下のようなスペクトル管理ルールが策定された。

4.1 スペクトル適合性確認方法とクラス分け

新しい FTTR システムの総送信電力および送信電力スペクトル密度が、4.4 節に示されている参照 FTTR システムの PSD 規格を満足する場合、「スペクトル適合性あり」としてクラス D に分類する。

クラス D : クラス D に属する伝送システムは、特段の利用制限が無くスペクトル適合性が保障される。

参照 FTTR システム PSD の規格は、4.2 節に述べる FTTR 導入判定基準値を満たすものであり、4.3 節に示される方法によって算出された。

4.2 FTTR 導入判定基準値

FTTR 導入判定基準値とは、保護対象のシステムへの与干渉の許容限界を示すものである。

導入判定基準値（対局設置）

保護対象の局設置システムとは、クラス A、A および JJ-100.01 G 章 PSD 規定に準拠しているシステムを指す。

導入判定基準値は、0MHz～30MHz の周波数帯域において、保護対象の局設置システムが相互に干渉した場合の最悪ケースを想定して算出される。具体的には、保護対象の局設置システムに関して、各保護対象の局設置システムが同一カッドを含む 5 回線を与干渉源とした時の伝送速度を線路換算長 50m から 5000m まで 50m 刻みで求め、各換算線路長における最小値を FTTR 導入判定基準値（対局設置）としている。

導入判定基準値（対ユーザビル設置）

FTTR 導入判定基準値（対ユーザビル設置）は、考慮対象のユーザビル設置 VDSL システムへの与干渉の基準を示すものであって、0MHz～30MHz の周波数帯域において、考慮対象のユーザビル設置 VDSL システムが相互に干渉した場合の最悪ケースを想定して算出されている。具体的には、考慮対象のユーザビル設置 VDSL システムが同一カッドを含む 5 回線を与干渉源とした時の伝送速度を、図 4 における d_1 、 d_2 の換算線路長を 50m から 550m まで 50m 刻みで計算し、 d_2 の 50m 刻みでの換算線路長における最小値を FTTR 導入判定基準値（対ユーザビル設置）とする。

4.3 参照 FTTR システムの PSD 算出方法

参照 FTTR システム下り PSD は以下の条件をもとに算出される。

局設置システムの保護

局設置システムの保護のため、参照 FTTR システム下り PSD マスク（参照 FTTR-PSD($ds-r_i$)）は J 章規定の参照 VDSL2 システムの下り PSD マスクに、収容局～TU-O 間の換算線路長 r_i [m] ($r_i = 0, 250, 500 \dots 4750$ m) に応じた DPBO を加えた PSD マス

クとする。

参照 FTTR-PSD($ds-r_i$) は収容局～TU-O 間の換算線路長実態値 r_x [m] が $r_i \leq r_x < r_{i+1}$ の時の参照マスクとして利用されるため、この DPBO による減衰量は、線路長 r_{i+1} [m] における減衰量を適用する。

ユーザビル設置 VDSL システムへの与干渉緩和
ユーザビル設置 VDSL システムへの与干渉緩和のため、 $r_i = 1000$ m の参照 FTTR-PSD($ds-r_i$) の 1.104MHz～2.803125MHz の PSD を -80dBm/Hz 固定（強制ノッチ）とする。

他方、参照 FTTR システム上り PSD は以下の条件をもとに算出する。

局設置システムの保護

FTTR システムから局設置システムへの上り方向への干渉度合いは、当 FTTR システムと同一マスクをもつシステムを局設置システムとして利用した際の干渉度合い以下となる。よって、局設置システムの保護のため、参照 FTTR システム上り PSD は JJ-100.01 J 章規定の参照 VDSL2 システムの上り PSD マスクを満たすこととする。

ユーザビル設置 VDSL システムへの与干渉緩和
ユーザビル設置 VDSL システムへの与干渉緩和のため、参照 FTTR システムの最大送信電力スペクトルを参照 VDSL2 システムの最大送信電力スペクトル密度より一定レベルの値まで下げる。

参照 FTTR システムの PSD を算出するための干渉計算モデルを以下に示す（図 3、図 4）。以上の条件をもとにした具体的な干渉シミュレーション方法については、JJ-100.01 I 章に記載されている。

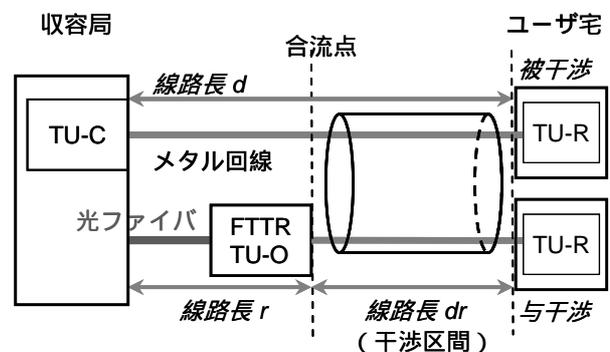


図 3 FTTR システムから局設置システムへの干渉計算モデル

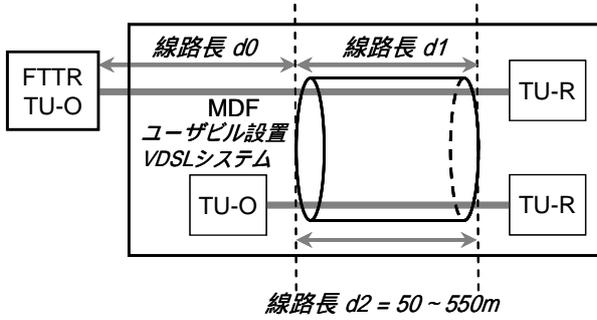


図4 FTTRシステムからユーザビル設置VDSLシステムへの干渉計算モデル

表1 参照FTTR-PSD(us-dr_j)マスク式

項目	周波数f [MHz]	PSDマスク[dBm/Hz]	送信電力[dBm/MHz]
stop band	0<f<0.004	-97.5	-
	0.004<=f<0.025875	-92.5+21.53 × log ₂ (f/0.004)	-
US0	0.025875<=f<0.138	-38+3.5(=-34.5)	-
stop band	0.138<=f<0.24292	-34.5-72.00 × log ₂ (f/0.138)	-
	0.24292<=f<0.686	-100-15.00 × log ₁₀ (f/0.686)	-
	0.686<=f<3.575	-100	-
US1	3.575<=f<3.75	-80+(20/0.175) × (f-3.75)	-
	3.75<=f<4	-80	-
stop band	4<=f<5.2	psd-us1(f _j)	-
	5.2<=f<5.375	-80-(20/0.175) × (f-5.2)	-
stop band	5.375<=f<8.325	-100	-52
	8.325<=f<8.5	-80+(20/0.175) × (f-8.5)	-
US2	8.5<=f<10.1	psd-us2(f _j)	-
	10.1<=f<10.15	-80	-
	10.15<=f<12	psd-us2(f _j)	-
stop band	12<=f<12.175	-80-(20/0.175) × (f-12)	-
	12.175<=f<17.925	-100	-52
US3	17.925<=f<18.1	-80+(20/0.175) × (f-18.1)	-
	18.1<=f<18.168	-80	-
	18.168<=f<21	psd-us3(f _j)	-
	21<=f<21.45	-80	-
	21.45<=f<24.89	psd-us3(f _j)	-
	24.89<=f<24.99	-80	-
	24.99<=f<28	psd-us3(f _j)	-
stop band	28<=f<29.7	-80	-
	29.7<=f<30	psd-us3(f _j)	-
stop band	30<=f<30.175	-80-(30/0.175) × (f-30)	-
	30.175<=f	-110	-

TU-O ~ TU-R間線路距離dr_j=50 × j[m] (j=0,1,2,...,19)

4.4 参照FTTRシステムのPSDマスク規格

最後に、FTTR 導入判定基準値を満たす参照FTTRシステムの送信電力スペクトル密度(PSD)マスクを示す。表1は参照FTTRシステムの上りPSDマスク、表2は同システムの下りPSDマスクである。FTTRのスペクトル適合性は、以下に記載のPSDマスクを満足することをもって確認される。

表2 参照FTTR-PSD(ds-r_i)マスク式

項目	周波数f [MHz]	PSDマスク[dBm/Hz]	送信電力[dBm/MHz]
stop band	0<f<0.004	min[psd-ds(1,f,i),-97.5]	-
	0.004<=f<0.08	min[psd-ds(1,f,i),-92.5+4.628 × log ₂ (f/0.004)]	-
	0.08<=f<0.138	min[psd-ds(1,f,i),-72.5+35.98 × log ₂ (f/0.08)]	-
DS1	0.138<=f<1.104	psd-ds(1,f,i)	-
	1.104<=f<1.622	psd-ds(2,f,i)	-
	1.622<=f<1.8	psd-ds(3,f,i)	-
	1.8<=f<2	min[psd-ds(3,f,i),-80]	-
	2<=f<3.5	psd-ds(3,f,i)	-
stop band	3.5<=f<3.75	min[psd-ds(3,f,i),-80]	-
	3.75<=f<3.925	min[psd-ds(3,f,i),-80-(20/0.175) × (f-3.75)]	-
	3.925<=f<5.025	-100	-50
DS2	5.025<=f<5.2	min[psd-ds(4,f,i),-80+(20/0.175) × (f-5.2)]	-
	5.2<=f<7	psd-ds(4,f,i)	-
	7<=f<7.3	min[psd-ds(4,f,i),-80]	-
stop band	7.3<=f<8.5	psd-ds(4,f,i)	-
	8.5<=f<8.675	min[psd-ds(4,f,i),-80-(20/0.175) × (f-8.5)]	-
	8.675<=f<11.825	-100	-52
DS3	11.825<=f<12	min[psd-ds(5,f,i),-80+(20/0.175) × (f-12)]	-
	12<=f<14	psd-ds(5,f,i)	-
	14<=f<14.35	min[psd-ds(5,f,i),-80]	-
	14.35<=f<18.068	psd-ds(5,f,i)	-
stop band	18.068<=f<18.1	min[psd-ds(3,f,i),-80]	-
	18.1<=f<18.275	min[psd-ds(3,f,i),-80-(20/0.175) × (f-18.1)]	-
	18.275<=f<30	-100	-52
	30<=f	-110	-

収容局 ~ TU-O間線路距離r_i=250 × i[m] (i=0,1,2,...,19)

$$psd-us1(f, j) = \min \left[-49.5 - k_1 l_{rd1} \sqrt{f}, \max \left\{ -80, -49.5 + k_1 (dr_j - (l_{ref1} + l_{rd1})) \sqrt{f} \right\} \right] \text{ [dBm/Hz]}$$

$$psd-us2(f, j) = \min \left[-50.5 - k_2 l_{rd2} \sqrt{f}, \max \left\{ -80, -50.5 + k_2 (dr_j - (l_{ref2} + l_{rd2})) \sqrt{f} \right\} \right] \text{ [dBm/Hz]}$$

$$psd-us3(f, j) = \min \left[-56.5 - k_3 l_{rd3} \sqrt{f}, \max \left\{ -80, -56.5 + k_3 (dr_j - (l_{ref3} + l_{rd3})) \sqrt{f} \right\} \right] \text{ [dBm/Hz]}$$

$$psd-ds(k, f, i) = \begin{cases} \max \left[p_{ds}(k, f) + p_{DPBO}(f, 250 \times (i+1)), -100 \right] & ; 0 \leq f < f_{lim}(i) \\ p_{ds}(k, f) & ; f_{lim}(i) \leq f \end{cases} ; 0 \leq i \leq 3 \text{ [dBm/Hz]}$$

$$psd-ds(k, f, i) = \begin{cases} \max \left[p_{ds}(k, f) + p_{DPBO}(f, 250 \times (i+1)), -100 \right] & ; 0 \leq f < f_{lim}(i) \\ p_{ds}(k, f) & ; f_{lim}(i) \leq f < f_{notch1} \\ -80 & ; f_{notch1} \leq f < f_{notch2} \\ p_{ds}(k, f) & ; f_{notch2} \leq f \end{cases} ; 4 \leq i \leq 19 \text{ [dBm/Hz]}$$