

OPEN STM Tips

DOCSIS 3.1 OFDMA運用時の留意事項

1. 背景・目的
DOCSIS3.1は、DOCSISの下り伝送容量を10Gbps、上りを2Gbpsまで拡張する目的で策定された技術規格である。
本Tipsでは、DOCSIS3.1から導入された上りOFDMAの運用設定上のノウハウを含む技術文献の抜粋・抄訳により、CATV事業者の運用の一助となる事を目的とする。
2. 対象読者
CATV事業者、システムインテグレーター、CATVシステム設計者
3. 参考文献・関連文書
文献名：“Getting Started with OFDMA”
書籍名：[Broadband Library Fall 2021](#) P14~15
執筆者：Matthew Olfert, Senior Network Architect, Shaw Communications
4. その他
本Tips中の図表番号につき、参考文献・関連文書からの抜粋には原文の番号をそのまま流用、一方で独自に作成した図表には”Tips-*”の形式で番号を付与した。
5. 最終更新日
2021年10月26日

OPEN STM Tips

DOCSIS 3.1 OFDMA運用時の留意事項

6. 詳細

6.1 ガードバンド

上り伝送周波数帯域にSC-QAMチャンネルとOFDMAチャンネルを混在配置する場合、両者のガードバンド(離隔)の取り方が重要である。

6.4MHz幅のSC-QAMチャンネルがOFDMAチャンネル(サイクリックプレフィックス192, ロールオフ@96)に隣接する場合、DOCSIS仕様上は特にガードバンドは不要とされている。

しかしながら実機で試験してみた所、良好なRx-MERが確保できているにも関わらず、多くの correctable codeword errorsの発生を確認した。

400kHzのガードバンドを挟んだ所、同errorsの発生率は5%にまで減少、600kHzまで広げた結果、0.1%にまで改善された。

上の実験結果に基づくならば、実運用上は少なくとも500kHzのガードバンドを置いた方が良いと思われる。

6.2 チャンネルパラメーター

各副搬送波の間隔設定の観点上、OFDMAには二つの選択肢がある。

ひとつは25kHz(4k-FFT)、今一つは50kHz(2k-FFT)である。

現時点では必ずしも全てのCMTSベンダーが4k-FFTをサポートしている訳ではないため、

一先ずの選択としては2k-FFTの方が4k-FFTよりも運用上の柔軟性が高い。

FFTサイズの決定後、サイクリックプレフィックスとロールオフピリオドを設定する事になる。

設定値の組み合わせには多くの選択肢があり得るが、一般論的には値が低いとオーバーヘッドが減り、値が高いと柔軟性が増す筈である。

サイクリックプレフィックスには96,128,160,192,224,256,288,320,384,512,640の、ロールオフピリオドには0,32,64,96,128,160,192,224の選択肢がある。

検証開始時点ではサイクリックプレフィックスに192サンプル、ロールオフピリオドに96サンプルを選択し、他の組み合わせはOFDMAの運用に慣れながら徐々に試してみる事を推奨する。

6.3 IUC

OFDMA運用設計上の今一つの難解な概念は、IUC(Interval Usage Codes)である。

IUCはOFDMの下り信号プロファイル概念によく似ている。

各IUCは変調とパイロットパターンを持ち、可変ビットローディングをサポートしている。パイロットパターンの設定は選択されたFFT方式に基づく。低次の数はパイロット数を減らすためオーバーヘッドが低減される。高次のパイロットパターンはイコライザーの性能と全体的な障害耐性を向上する。

2k-FFTのパイロットパターンは1-7の範囲であり、4k-FFTは8-14である。

複数のIUCを設定すれば、CMの低次の変調IUCへのフェールバック動作を許容できる。

本設定により、ケーブル伝送路状態の変化に対するCM個別の調整が可能となる。

本設定は同時に、各CMが各々のRF状态的にサポートされ得る最高次の変調で動作する事を保証する。伝送路上のDOCSIS3.1CMの大部分は同じIUCの周辺に集まる傾向にある。

OPEN STM Tips

DOCSIS 3.1 OFDMA運用時の留意事項

6.4 運用上の挙動

CMの内部的な挙動は、従来のSC-QAMとOFDMAとで大きく異なっている。CMがオンラインになると、一先ずIUC13が割り当てられるが、これは通常最も低次の変調(QPSK又は16QAM)である。

次に、CMTSが各CMのOFDMAチャンネルの平均上りRxMERを決定する。本RxMER値により、各CMがどのIUCをエラーなしに使えるかが一旦判断される。

次に、CMは自身のRxMER値でサポートされるうちで最大キャパシティのIUCを使用しようとする。この時点でCMは2つのIUC(IUC13とその他の高次キャパシティ)によりOFDMAチャンネル上でオペレーショナルとなり、高次キャパシティのIUC上でcodewordsのインクリメントが始まる。

以上がCMがOFDMA上でオンラインとなる基本的な流れである。

次の段階は、FEC codeword errorsに基づき動作中CMのIUCを動的に変更する挙動である。

FECエラー率が許容水準を下回った場合、CMTSは最大キャパシティのIUCからより低次のIUCにCMの設定を変更(フェールバック)する。フェールバック動作は瞬間的にCMに反映され、CMが許容水準の安定性を確保できるまで続く。

フェールバック動作の後にはリカバリープロセスが続く。CMTSにはホールドオフタイマーが備わっており、フェールバックしたCMのフラッピング状態などを確認し、CATVネットワークの状態復旧を自律判断する。ホールドオフタイマーの設定値は概ね15分程度が実用的なようである。

6.5 運用監視上の考察

運用監視上の観点からは、FECを監視するよりも、RxMERや低次IUCの使用率を定期的に収集・分析した方が、対象CATV施設に対するOFDMA信号のより良い品質指標と成り得ているようである。

以上