

小型人工衛星地球局用 RoF システムにおける波長分散低減

上 藪 知宜、福 島 誠治、渡 邊 俊夫、永 山 務
(鹿児島大学大学院 理工学研究科)

1 序論

我々は、超小型人工衛星地球局の RoF リンクシステムの提案、光デバイスのモデル化及びシミュレーションによる変換効率とスプリアスの数値計算、伝送の実験評価を行った [1]。本論文では、外部強度光変調により光スペクトルが両側波帯を有する場合における分散ペナルティの伝送距離依存性、周波数依存性を数値計算により明らかにする。

2 原理

外部光強度変調・サブキャリア多重光信号のスペクトルは、キャリア信号の両側に側波帯を有する。PD を用いた 2 乗検波の出力の波形は、光ファイバの波長分散により再生した無線信号に損失が発生する。モードロックレーザを用いた系の分散ペナルティの導出は報告されている [2]。

今回は、強度変調により光スペクトルが両側波帯を有する場合の分散ペナルティを導出する。図 1 に示すように各成分間の角周波数間隔は ω_0 であるとする。3 つの成分は中心対称で、両端の 2 成分は中心成分と比べて強度が小さいものとするとき、分散ペナルティ P として次式を得る。

$$P = \left\{ \cos \left(\frac{\pi \lambda^2 D f_{\text{IT}}^2 L}{c} \right) \right\}^2 \quad (1)$$

λ は波長、 D は分散パラメータ、 c は光速、 L は光ファイバ長、 $f_{\text{IT}} = \omega_0 / 2\pi$ である。また、 n 周波数成分 (n は 3 以上の奇数) を有する場合の分散ペナルティとして次式を得る。

$$P = \frac{\left[\sum_{i=1}^{\frac{n-3}{2}} \left\{ \sqrt{r_i r_{i+1}} \cos \left(\frac{(n-2i)\pi \lambda^2 D f_{\text{IT}}^2 L}{c} \right) + \sqrt{r_{n-1}} \cos \frac{\pi \lambda^2 D f_{\text{IT}}^2 L}{c} \right\} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^{\frac{n-3}{2}} \sqrt{r_i r_{i+1}} + \sqrt{r_{n-1}} \right]^2} \quad (2)$$

Amplitude	E_1	E_2	E_3
Angular frequency	$\omega_1 - \omega_0$	ω_1	$\omega_1 + \omega_0$
Phase	φ_1	φ_2	φ_3

図 1 3 周波数成分を有する光源に対するモデル

3 シミュレーション結果

分散ペナルティの光ファイバ長依存性、周波数依存性、側波帯数依存性をそれぞれ図 2~4 に示す。波長 $\lambda=1550\text{nm}$ 、分散パラメータ $D=16.70\text{ps/nm/km}$ とし、側波帯の強度は 10dB ずつ減少すると仮定した。周波数が高くなるにつれてより短い周期で分散ペナルティの増減が生じる (例 13GHz において約 45km 周期)。2GHz、光ファイバ長 100km のとき分散ペナルティは約 0.12dB であった。

図 3 における NULL は出力が完全に消失する距離である。周波数が高くなるにつれて伝送可能距離がほぼ対数的に減少する。出力が 1dB 劣化する距離は、2GHz および 13GHz においてそれぞれ約 280km、約 7km であった。

図 4 によれば 10~15km の伝送距離に対して側波帯数が 6 本以上のとき、分散ペナルティの変化は 0.01dB 以下であった。側波帯数 6 本以上で分散ペナルティは飽和した。

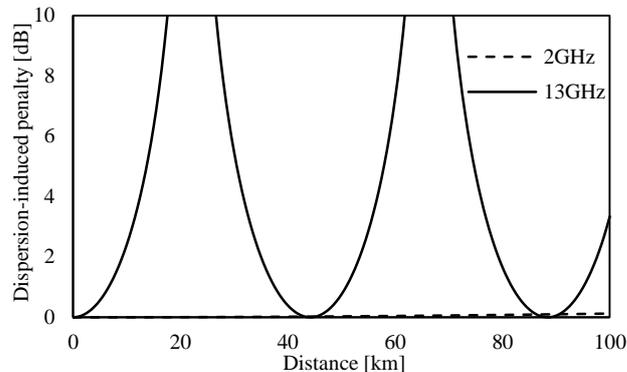


図 2 分散ペナルティの光ファイバ長依存性

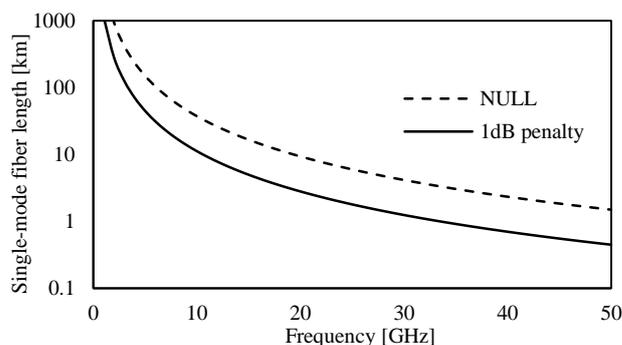


図 3 分散ペナルティの周波数依存性

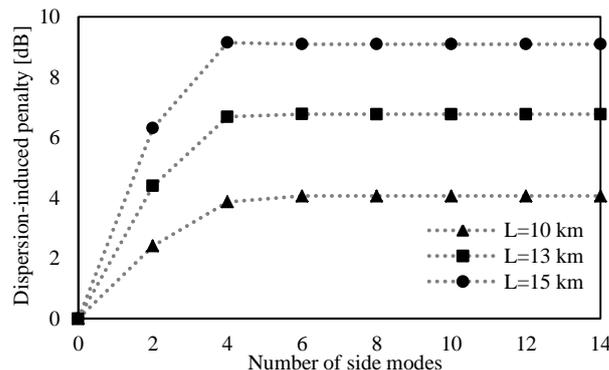


図 4 分散ペナルティと側波帯数の関係 (13GHz)

4 結論

RoF システムにおける分散ペナルティを定式化し、数値計算を行った。外部強度光変調により光スペクトルが 3 周波数成分を有する場合、2GHz および 13GHz でそれぞれ約 280km および約 7km の伝送が可能であることがわかった。側波帯が 6 以上において分散ペナルティは飽和した。

参考文献

- [1] S. Fukushima et al., IEICE Trans. Electron., vol. E99-C, no. 2, pp. 212-218, 2016.
- [2] T. Ohno et al., J. Lightwave Tech., vol. 18, vol. 1, pp. 44-49, 2000.