

妨害波位相のランダム性を考慮した PER 推定モデルのAPDからの導出

Deriving a Model to Estimate PER from APD Considering the Random Phase of Disturbance Wave

梅田康希¹
Kouki Umeda

高谷和宏^{1,2}
Kazuhiro Takaya

久門尚史¹
Takashi Hisakado

和田修己¹
Osami Wada

京都大学 大学院 工学研究科 電気工学専攻¹
Department of Electrical Engineering, Kyoto University

NTT環境エネルギー研究所²
NTT Energy and Environment Systems Lab.

1 まえがき

振幅確率分布 (APD) は、デジタル通信の品質との相関が高いことが知られており、APD を用いたビット誤り率 (BER) 推定モデルが提案されている [1] このモデルにおいて、妨害波位相は、常に、シンボル誤りが最も発生しやすい方向であると仮定しているが、現実には、信号位相も妨害波位相もランダムである。本報告では、妨害波位相のランダム性を考慮したパケット誤り率 (PER) 推定モデルを APD から導出する。

2 位相を考慮した BER 推定モデル

推定モデルは通信方式によって異なるため、ここでは、一次変調: PSK, 二次変調: 直接スペクトル拡散 (DS) の DS システムに対する推定モデルを導出する。対象システムの BER (P_{BER}) は、妨害波の APD を用いて式 (1) で求められる [1]。

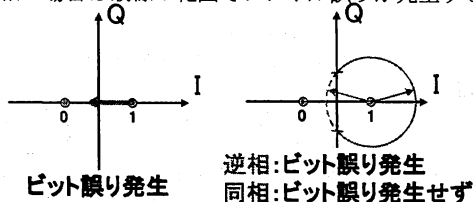
$$P_{BER} = \alpha \text{Prob}(\alpha \beta^2 P_s < P_i) = \alpha P_{APD}(\alpha \beta^2 P_s) \quad (1)$$

ただし、 P_s , P_i はそれぞれ通信波強度、妨害波強度であり、 α は 1 シンボルで伝送されるビット数 N の逆数 ($\alpha = 1/N$)、 β はシンボル間最小距離 d_{min} の $1/2$ を 1 ビット当たりのエネルギーの $1/2$ 乗 $\sqrt{E_b}$ で正規化した量 ($\beta = d_{min}/2\sqrt{E_b}$)、 F_s は二次変調の拡散率である。

妨害波周期がパケット長に対して十分長い場合は、 $PER=2BER$ と近似できるため、この条件下の P_{PER} は式 (2) で表わされる。

$$P_{PER} = 2\alpha P_{APD}(\alpha \beta^2 P_s) \quad (2)$$

図 1(a) に示すように、シンボル「1」に対して、文献 [1] では妨害波の位相は常に同一方向であると仮定している。しかし、実際は図 1(b) に示すように、妨害波が同相の場合は実線の範囲でシンボル誤りが発生せず、逆相の場合は破線の範囲でシンボル誤りが発生する。



(a) 文献 [1]

(b) 提案モデル

図 1 妨害波位相の考え方の概念図

このような妨害波位相のランダム性と、実線および破線の範囲における誤り特性を考慮すると、式 (2) を式 (3) で表現することができる。

$$P_{PER} = \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left(\beta \sqrt{\frac{\alpha F_s P_s}{P_i}} \right) P_{APD}(\alpha \beta^2 F_s P_s) \quad (3)$$

3 推定モデルの検証

モデルの妥当性の検証のため、IEEE802.11b 準拠の通信モジュールを用いて図 2 に示す測定系を構築し、通信波強度 (妨害波強度固定) に対する PER を測定した。測定結果と PER の推定結果を図 3 に示す。図 3 より、位相のランダム性を考慮した PER の推定結果は、通信波強度 -55dBm 周辺において、従来法とは異なり緩やかに変動している。実測結果も同様の変動であることから、ランダム性を考慮した提案モデルは、考慮しない場合と比較して、現実に近いモデルであると考えられる。

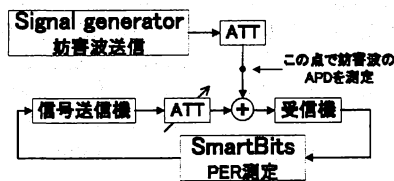


図 2 測定系

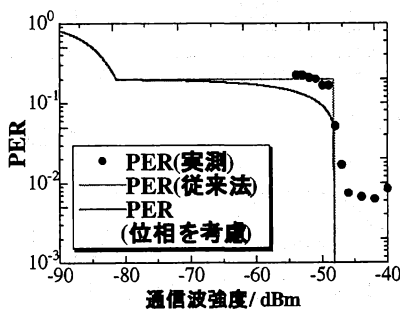


図 3 測定結果

4 結論

本報告では、妨害波位相のランダム性を考慮した PER 推定モデルを APD から導出し、実測結果と比較した。その結果、妨害波位相のランダム性を考慮した提案モデルの妥当性が確認できた。

参考文献

- 後藤薫, 松本泰, "電磁妨害波の振幅確率分布 (APD) 測定とその研究動向について," エレクトロニクス実装学会誌, Vol.10, No.3, pp.180-184, 2007.