

## B-10 100ギガ宇宙通信に向けたDAPSK変復調に関する検討

薬師寺修平\*, 磯田将成\*, 長尾勇平\*\*, 黒崎正行\*\*

(\*九州工業大学大学院 情報工学府, \*\*九州工業大学大学院 情報工学研究院)

## 1. 研究背景

近年、宇宙と地上の間で高速無線通信の開発が活発化している[1]。一方で宇宙と地上でのシームレスな高速通信技術の規格が存在しておらず、開発の需要が高まっている。本研究では伝送速度100ギガを目標としたインターネット用のバックホール技術の開発を目指す。本報告では特に通信システムの回路規模削減のための差動変調方式について検討する。

## 2. DAPSK変復調

DAPSK(Differential Amplitude Phase Shift Keying)は差動位相変調(DPSK)と振幅変調(ASK)を組み合わせた変調方式である。差動変調は、高速・高周波通信と相性が良く、また、ドップラーや大気揺らぎに起因して生じる位相問題にも耐性がある。DAPSKにおける時刻 $k$ の送信シンボル $X_k$ は振幅を $A_k$ 、位相を $\theta_k$ として式(1)で表される。

$$X_k = A_k \exp(j\theta_k) \odot X_{k-1} \quad (1)$$

$$A_k \in \{1, \beta\}, \theta_k \in \left\{ \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}, \frac{7\pi}{4} \right\}$$

受信シンボルはノイズを $N_k$ 、正規化ファクタを $\alpha$ として式(2)で表される。ここで、 $\alpha$ は8DAPSKにおいて振幅値1,  $\beta$ を用いて伝送する場合の正規化ファクタである。

$$Y_k = X_k + \alpha N_k \quad (2)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1^2 + \beta^2}{2}} \quad (3)$$

この時、差動検波後のノイズは3通りの振幅遷移に伴い異なる正規分布に従う。図1は8DAPSKの差動検波後のコンステレーションを示しており、振幅値が大きいほどばらつきが大きいことが確認できる。

## 3. 準最適な振幅値と閾値

DAPSKにおけるシンボルの誤り確率は式(4)で示される。その誤り確率を最小とする準最適な $\beta$ と $th$ を探索する。

$$P_b(th, \mu_i, \sigma_i) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{|th - \mu_i|}{\sqrt{2}\sigma_i} \right) \quad (4)$$

ここで、 $\mu_i, \sigma_i$ はそれぞれのノイズの平均と標準偏差を示しており、 $\beta$ の値から決定される。 $th$ はシンボル判定の閾値を示す。

## 4. 準最適閾値と固定閾値の比較

準最適な $th$ を閾値として用いた場合と、 $(1 + \beta)/2$ および $(\beta + \beta^2)/2$ を閾値として用いた場合の誤り確率を図3に示す。図3より、準最適な閾値 $th$ を用いた場合において良好な性能を示している。

## 5. まとめと今後の課題

本研究では100ギガの超高速無線通信システムについてDAPSK差動変調を導入し、低演算量型ビット判定器の設計手法を考案した。今後の課題としてLLRを用いた低演算量型ビット判定器の考案とモデル設計が挙げられる。

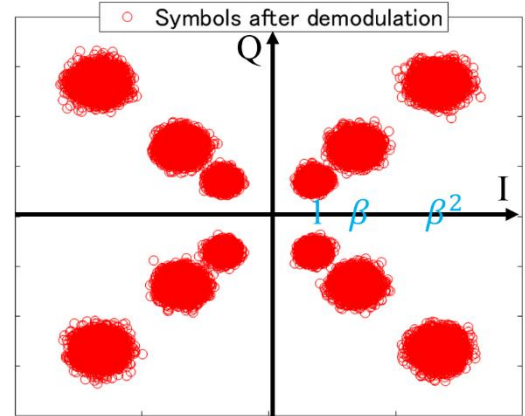


図1 差動検波後のコンステレーション

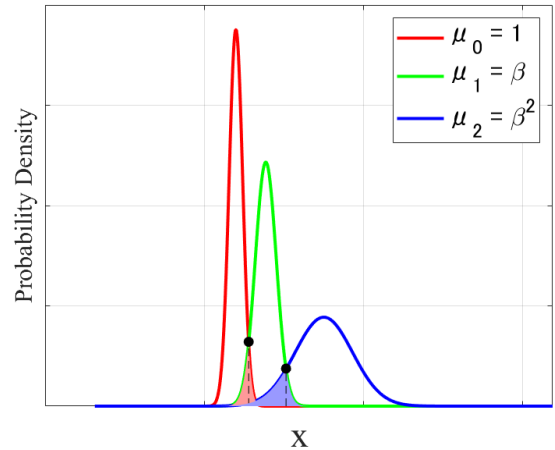


図2 正規分布の交点と誤り領域

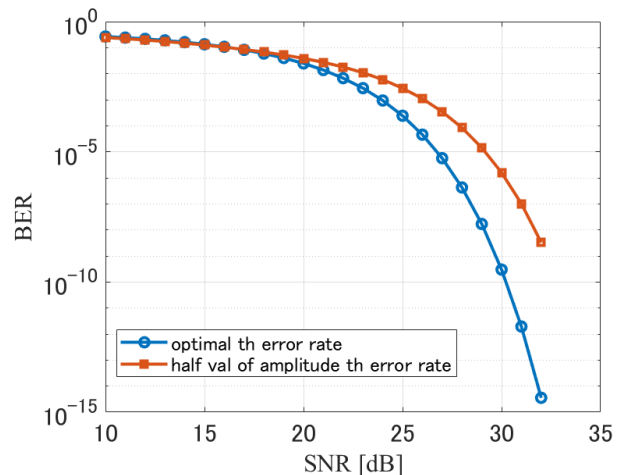


図3 誤り確率の評価

## 参考文献

- [1] 総務省, Beyond5G の実現に向けた宇宙ネットワークに関する技術戦略について, 総務省, [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000790343.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000790343.pdf), 参照 2025-08-18.