

F2 フェージングにおける GMSK 変調方式と 符号化方式の組み合わせに関する研究

山崎 賢史 デービッド アサノ

信州大学 工学系研究科 情報工学専攻

1. はじめに

現在の移動通信は急激な発展を遂げており、今後移動通信の利用者の更なる増加が見込まれている。また利用者の増加により、使用される場所も一段と拡大され、通信状況がより複雑なものとなる。このような状況に耐えるためには、通信性能の高性能化が求められる。そのため、現在使用されている通信手段の高性能化や、新たな通信手段の検討及び実用化が行われている。

そんな中、高性能化の 1 つの方法として誤り訂正符号がよく利用されている。しかし、いまだ変調方式との組み合わせはよく理解されていない。そこで、現在ヨーロッパで実際に使用されている通信方法である GMSK 変調方式 [1] とその誤り訂正符号との組み合わせについて調べてみる。

2. システム概要

本システムでは変調方式に GMSK 変調方式を用い、誤り訂正符号には BCH 符号を用いる。GMSK 変調方式はヨーロッパの GSM に採用されている方式で、ガウス型低域フィルタの片側 3dB 帯域幅である B_b を含む B_bT の値を変化させることによって帯域制限をするものである。また BCH 符号は代表的な巡回符号で (n, k, t) と表し、 n は符号ビット数、 k は符号中の情報ビット数、そして t は訂正できる誤りの数を意味する。多くのランダム誤り訂正符号の中でも符号化率 k/n などパラメータの選択の自由度が大きく、比較的能率の良い符号である。通信路は、陸上移動通信で一般的に考慮されるレイリーフェージング伝播路を用いるものとする。

下にシステム構成図を示す。

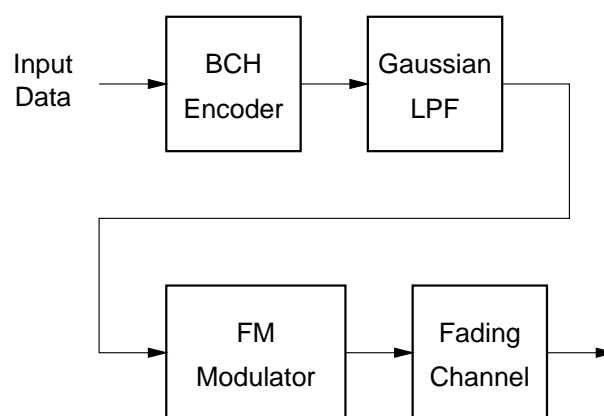


図 1 : システム構成

3. 計算手順

変調波に誤り訂正符号を付けると送信帯域幅が変化してしまうので、比較のための条件として送信帯域幅 BT が一定となるように GMSK の B_bT と符号の (n, k, t) との組み合わせを決定する。まず基準となる BT に BCH 符号の符号化率 (k/n) を掛け、それから得られる BT 値になるような B_bT とその BCH 符号を組み合わせることとする。これで、送信帯域幅一定という条件を満たしながら BCH 符号を用いることができる。

レイリーフェージング伝播路における GMSK 変調方式の誤り率は以下のように記述される [1]。

$$P_e = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\Gamma}{\alpha^{-1} + \Gamma}} \right) \quad (1)$$

ここで Γ は平均 SN 比、

$$\alpha = \frac{d_{min}^2}{2} \quad (2)$$

であり、 d_{min} は GMSK 変調方式における複数の信号の最小

信号間距離を表す。

さらに BCH 符号を併用したときの誤り率を P とすると上記の (1) を用いて

$$P_e = \frac{1}{n} \sum_{j=t+1}^n j(nC_j) P_e^j (1 - P_e)^{n-j} \quad (3)$$

で表すことができる [2]。

4. 結果及び考察

以下に計算結果を示す。

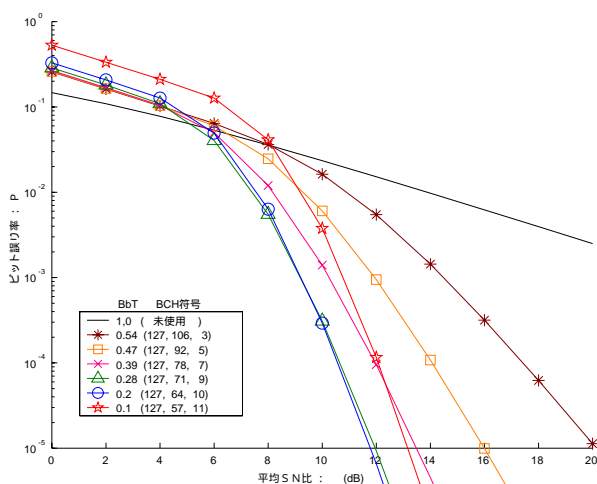


図 2 : 送信帯域幅 $BT = 1.0$ のときの誤り率

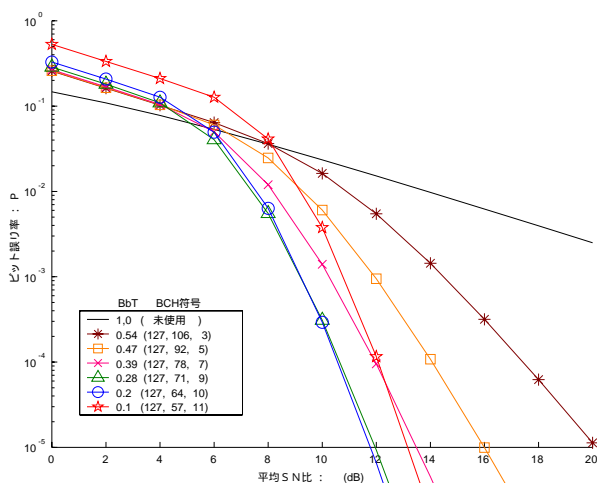


図 3 : 送信帯域幅 $BT = 0.5$ のときの誤り率

図 2 は送信帯域幅 $BT = 1.0$ としたときの結果である。送信帯域幅を同じにするという条件で、符号化しないときに比べて符号化した方が誤り率を抑えられている。特に $B_bT = 0.28, 0.2$ のときに誤り率が低くほぼ同じ性能を示した。そしてある程度の符号を付けると、今度は逆に誤り率が高くなる。

これについては符号化することで得られる誤り訂正能力よりも、GMSK 変調方式の帯域幅を狭くすることによって性能の落ちる割合が大きくなるからであると思われる。

次の図 3 は送信帯域幅 $BT = 0.5$ としたときの結果である。これもまたほぼ図 2 と同様に $B_bT = 0.25, 0.17$ のときに誤り率が低く、それよりも符号化率を下げると誤り率が高くなる。

平均 SN 比が $5 - 7dB$ 以下の低い領域では、符号化しないときと比較して符号化した方が総じて誤り率が悪くなっているが、誤り率が通常移動通信において要求される誤り率 $10^{-2} - 10^{-3}$ よりも大きいのでここでは無視できるものとする。

5. ま と め

フェージング伝播路において GMSK 変調方式を使用する際に、同じ送信帯域幅という条件で BCH 符号を用いて符号化することにより誤り率を低減させることができると示した。また符号化率を下げるほど誤り率は良くなるのだが、ある組み合わせを境にして誤り率が悪くなるため、より良い性能を得るためには最適な組み合わせを選択することが必要である。

文 献

- [1] K.Murota and K.Hirade : "GMSK modulation for digital mobile radio telephony", IEEE Trans. Commun., COM-29, 7, pp.1044-1050, July 1981
- [2] B.Sklar : "Digital Communications", Prentice-Hall, 1988