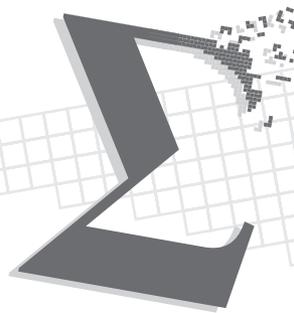


やり直しのための 伝送数学



三谷 政昭

連載第13回の今回は、回線設計を最終目標に、ひずみのない波形伝送の考え方に基づき、デジタル変復調の方式モデルを示し、信号および雑音を定式化する。さらに、定量的評価法を用いて、BPSK、QPSK、QAMなどの各方式の符号誤り率を計算した後、具体的な回線設計に適用するまでのプロセスを取り上げてわかりやすく説明する。
(編集部)

第13回 デジタル伝送システムの品質評価と回線設計法

前回(2010年9月号, pp.186-194)は、デジタル変復調における符号伝送能力について、BER(ビット・エラー率)とSER(シンボル・エラー率)を評価基準にとり、雑音に対する耐性(エラーの発生しにくさ)の数式表現を中心に解説した。

今回は、携帯電話や地デジ放送などに代表されるデジタル伝送システムを例に、まず通信品質の定量的な評価方法の説明から始めて、最終的にはシステム構築のための回線設計法につなげていくまでの道筋にスポットライトを当てて紹介する。

1. 通信品質と回線設計の概要

一例として無線(ワイヤレス)でデジタル伝送システムを構築する場合、通信距離と通信品質との相互関係を、どのようにして定量的な数値として把握するかが最大のポイントである(図1)。数値が示されることによって、多少の誤差が伴うにしても、構築するシステムに対する信憑性の根拠を担保することができる。

たとえば、通信品質を示す具体的数値としてはCNR

$$CNR = \frac{\text{受信電力}}{\text{雑音電力}}$$

大きくすると... ビット・エラー率が小さくなる
通信距離が長くなる

通信品質の改善

雑音抑圧フィルタの利用, 受信性能の改善, 誤り訂正機能の付加,
送信スペクトル周波数の拡散, 直交信号の活用など

回線設計の最大目標
《所要ビット・エラー率の実現》

図1 通信品質と回線設計

(C/N比, 搬送波電力対雑音比)がある。これは受信機における受信(搬送波)電力Cと雑音電力Nとの比を表す。通常、受信電力は主として送信電力と電波伝搬に伴う損失、受信機性能で決定される。一方、雑音には受信機アンテナに入ってくる自然雑音、アンテナ自身の雑音、受信機の内部雑音などがあり、これらの合計をシステム雑音として取り扱うことが一般的である。

また、CNRはシステムのビットおよびシンボルのエラー率を左右する重要なパラメータで、この値が大きいかほどエラー率が低く、結果的に通信距離が延びることになる。したがって、通信距離が一定のシステムを考えると、伝搬損失が同じとしても、送信電力は電波法と呼ばれる法律で上限値が規定されている。その上、アンテナから受信機までの雑音が同じだとすれば、あとは受信機の内部雑音を下げるとCNRを大きくする手段はないということになる。もちろん、受信機性能を見極めるパラメータとして受信感度があるが、システム構築に際しては、いかにトータルでの雑音電力を少なくするように作り上げていくかが最大の課題となるのである。

2. 通信品質の評価パラメータ (CNR, E_b/N_0 , 周波数利用効率)

まず、通信品質を評価するパラメータとして、ビット・エネルギー対雑音比 E_b/N_0 (イービー・バー・エヌゼロと読む)を取り上げ、CNRとの関係を調べる。

さて、変調方式の白色ガウス雑音に対する強さは、一義に E_b/N_0 、すなわち受信1ビット当たりのエネルギー E_b [J]、物理量単位のジュール)と1 [Hz] 当たりの雑音電力密度 N_0 [W/Hz] との比の値で決定される。