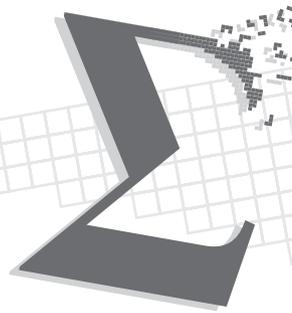


やり直しのための 伝送数学



三谷 政昭

連載第18回の今回は、マルチパス干渉による信号劣化の軽減手法として、ガード・インターバル付加・除去の処理の流れを一般化した数式表現を示した後、波形等化処理の考え方を説明する。また、ガード・インターバルを付加したOFDM方式における信号処理の様子について、行列表現を用いて解説する。少々難解かもしれないが、信号処理の物理的な意味をじっくりと読み解いてもらいたい。(編集部)

第18回 OFDMにおけるマルチパス干渉の信号表現と波形等化

前回(2011年3月号, pp.162-169)は、OFDM方式の最大の特徴とされる“マルチパス干渉による信号劣化に対する強さ”を取り上げ、基本的な考え方を中心に、“強さ”を実現するためのテクニックの一つとして、「ガード・インターバル(GI)の付加処理」の概要を紹介した。

今回は、まずデジタル情報にGIを付加、そして除去することにより、元のデジタル情報を抽出する手順の一般式を示す。次に、マルチパス干渉の信号表現に基づき、干渉の影響を取り除くための波形等化処理(逆フィルタ)を紹介する。さらに、OFDMにおけるマルチパス干渉の行列表現を示した後、GIを付加したときのOFDM方式における信号処理プロセスを分かりやすく説明する。

1. ガード・インターバル(GI)の付加・除去処理

いま、サブ・キャリア数を N 個、 $L(=2^M \times 2^M)$ 値QAM方式を考え、 $2MN$ ビットのデジタル情報(データ・ビット列)を $\{d_\ell\}_{\ell=0}^{2MN-1}$ とすると、GIの付加と除去に関わる信号処理プロセスを説明する。

● ガード・インターバルの付加プロセス(図1)

最初に、デジタル情報を直並列変換して、 $2M$ ビットずつに分ける[処理①]。

次に、 L 値QAM方式のI信号 $\{I_\ell\}_{\ell=0}^{L=N-1}$ とQ信号 $\{Q_\ell\}_{\ell=0}^{L=N-1}$ を作成するためのマッピング処理を実行する。具体的には、 $2M$ ビットで表されるデジタル情報を、 $\ell=0, 1, 2, \dots, N-1$ に対して、

$$\begin{cases} \tilde{I}_\ell = (d_{\ell N} \ d_{\ell N+1} \ \dots \ d_{\ell N+M-1}) \\ \tilde{Q}_\ell = (d_{\ell N+M} \ d_{\ell N+M+1} \ \dots \ d_{\ell N+2M-1}) \end{cases} \dots \dots \dots (1)$$

と M ビットで区切った後、 L 値QAM方式のコンスタレーションに基づき、式(1)の \tilde{I}_ℓ をI信号 I_ℓ (実数部)、 \tilde{Q}_ℓ をQ信号 Q_ℓ (虚数部)に対応づける[処理②]。その結果、 N 個のサブ・キャリアによるフーリエ級数の展開係数に当たる複素数 $\{X_\ell = I_\ell + jQ_\ell\}_{\ell=0}^{L=N-1}$ が得られる。

続いて、複素数 $\{X_\ell = I_\ell + jQ_\ell\}_{\ell=0}^{L=N-1}$ の逆離散フーリエ変換(IDFT)値としての信号サンプル値 $\{x_k = i_k + jq_k\}_{k=0}^{L=N-1}$ を、式(2)に基づき、算出する[処理③]。ただし、 $W = e^{-j2\pi/N}$ の回転因子である。

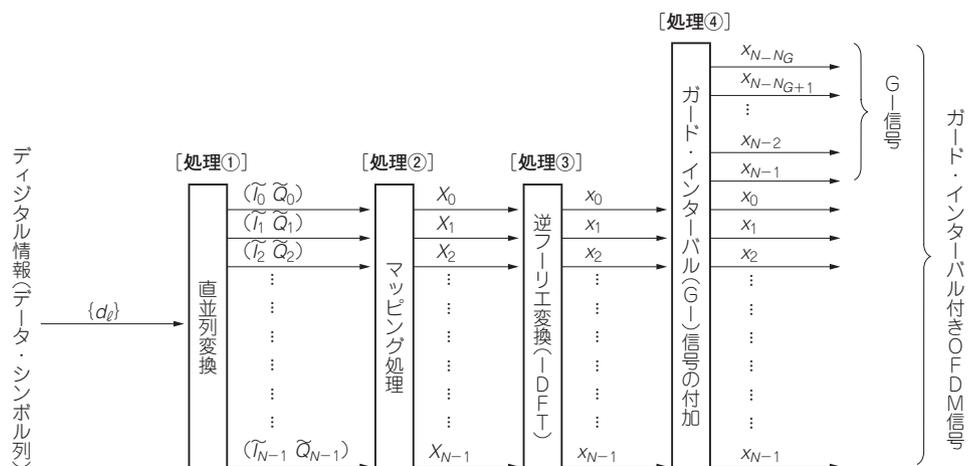


図1 ガード・インターバル(GI)信号の付加処理の流れ