学科・類： 学籍番号： 名前：

授業中に配布した用紙でない場合は、「コピー」と右上に大きく書くこと。
用紙が足りないときは、裏面を使ってよい。

1. 次の語句を簡単に説明しなさい。

1. スペクトル拡散通信 (方式を 2 種類)

伝送したい信号よりも、周波数帯域を広げて伝送する方式。ランダムな符号を伝送したい信号に掛け合わせる直接拡散方式、搬送波の周波数を変化させる周波数ホッピング方式がある。

2. フェージング

フェージングは、受信端で受信レベルが変動する現象を意味する。その原因の 1 つである、干渉性フェージングを説明する。送信端から発せられた電波が、山や建物などにより反射されるため、複数の経路を通して電波が受信端に達することがある。このとき、経路長が波長の半分の奇数倍のとき、電波の位相が 180 度ずれ、電波を弱め合う。逆に偶数倍の場合は強め合う。受信端または送信端が移動するとき、その状況が変化するためフェージングが生じる。

3. OFDM (説明およびシングルキャリアに対する利点を 3 つ)

直交周波数分割多重 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) の略。サブキャリアによる変調信号の周波数帯域に重なりはあるが、それらが直交するように選ぶことにより、情報が独立に伝送できるようにしている。

利点：

- 周波数帯域が重なっても良いため、シングルキャリアによる通信に比べて、同じ帯域で約 2 倍の情報を送ることが可能である。
- マルチキャリアであるため、周波数選択性フェージングが生じてても、性能は低下するが情報の伝送を行うことができる。
- サブキャリアごとの伝送速度が低くなるため、マルチパスによる伝送遅延差に頑健になる。

2. PSK を使った 2 チャンネル OFDM において、信号を伝送することを考える。それぞれのチャンネルで、位相 ϕ_1 と ϕ_2 が伝送する信号を表すとき、変調された信号は、 $\sin(2\pi f_1 t + \phi_1)$ 、 $\sin(2\pi f_2 t + \phi_2)$ になる。チャンネルの分離を高精度で行うためには、これらの信号が直交している必要がある。すなわち、1 つのシンボルを時間間隔 T で送るものとするれば、任意の ϕ_1 、 ϕ_2 に対して、

$$\begin{aligned} & \int_0^T \sin(2\pi f_1 t + \phi_1) \cdot \sin(2\pi f_2 t + \phi_2) dt \\ &= \frac{1}{2} \int_0^T [-\cos(2\pi(f_2 + f_1)t + \phi_2 + \phi_1) + \cos(2\pi(f_2 - f_1)t + \phi_2 - \phi_1)] dt \end{aligned}$$

が成立する必要がある。周波数の和の成分は、周波数の低い部分だけを通すフィルタを使えば除去できるので、周波数の差の成分に対してのみ積分が 0 ならば良い。任意の位相 ϕ_1 と ϕ_2 に対して、これが成立するための f_1 、 f_2 (修正) に対する条件を求めよ。また、そのときの $|f_1 - f_2|$ の最小値を求めよ。

ヒント：積分を計算すると、2 つの正弦関数の和が出てくるが、それを三角関数の積に直し、 ϕ_1 、 ϕ_2 が出てこない項が 0 になる条件を考えれば良い。

$$\int_0^T \cos(2\pi(f_2 - f_1)t + \phi_2 - \phi_1) dt = 0$$

が成立すれば良い。従って、

$$\begin{aligned} & \int_0^T \cos(2\pi(f_2 - f_1)t + \phi_2 - \phi_1) dt \\ &= \left[\frac{\sin(2\pi(f_2 - f_1)t + \phi_2 - \phi_1)}{2\pi(f_2 - f_1)} \right]_0^T \\ &= \frac{1}{2\pi(f_2 - f_1)} \{ \sin(2\pi(f_2 - f_1)T + \phi_2 - \phi_1) - \sin(\phi_2 - \phi_1) \} \\ &= \frac{1}{\pi(f_2 - f_1)} \sin\left(\frac{2\pi(f_2 - f_1)T}{2}\right) \cos\left(\frac{2\pi(f_2 - f_1)T + 2(\phi_2 - \phi_1)}{2}\right) \end{aligned}$$

となる。これが、任意の ϕ_1, ϕ_2 に対して 0 となるためには、整数 n に対して、

$$\frac{2\pi(f_2 - f_1)T}{2} = n\pi$$

となるから、

$$f_2 - f_1 = \frac{n}{T}$$

となる。従って、 $|f_2 - f_1|$ の最小値は $1/T$ となる。

(位相が任意であるので、FDM の場合に比べて直交条件の周波数差が 2 倍になっている)