**掩码键控正交频分复用调制技术文档**

掩码键控的正交频分复用调制技术思路为由磁屏蔽模块产生OFDM信号，由机械天线产生低频载波信号，二者在空间中相乘实现上变频产生射频信号向外辐射。如图1所示的传统上变频方法由于OFDM信号占用带宽远大于机械天线载波频率，上变频将产生频谱混叠无法通过带通滤波器滤除下边带。由此，本项目采用和差化积算法实现上变频，如图2所示，该方法无需带通滤波即可仅产生上边带，无频谱混叠。



图1 传统上变频方式



图2 基于和差化积的上变频方式

1. **机械天线实现OFDM的基本思想**

对于一个持续时间为T的OFDM信号，其载波间隔为。假设OFDM系统中有N个子信道，每个子信道采用的子载波为

第路子载波频率满足，其中为载波频率。在此系统中N路子信号之和可表示为：

机械天线可以借助磁屏蔽层对磁场信号的衰减产生OFDM信号，由于磁屏蔽层无法对磁场信号实现反向，故要求OFDM信号应满足。因此机械天线产生的OFDM信号应表示为：

机械天线在向外辐射电磁信号时，需要将高频基带信号fc承载在低频载波信号上。假设低频载波信号频率为、初始相位为，则机械天线的发送信号可以表示为：

受到机械结构限制，旋转永磁体式机械天线可产生的载波信号频率通常在200 Hz以内。当机械天线在传输高速信号时，基带调制信号占用带宽将远大于机械天线载波频率，因此在接收端直接采用相干解调时将会产生严重的频谱混叠，导致解调信号严重畸变。

为解决上述问题，避免频谱混叠，考虑引入两路正交信号，将低频载波分量合并到子载波频率中。假设机械天线阵由两路独立天线组成，两路天线发送相同的二进制序列，但产生的子载波和低频载波相互正交，即两路天线产生的信号可表示为：

两路信号在空间中叠加，则二元机械天线阵列辐射出的发送信号可以表示为：

当OFDM载波频率远大于时，发送信号中的低频载波分量在接收端可以使用高通滤波器滤除，除去低频载波分量，令，，则发送信号是一个含有N路子载波且持续时间为T的OFDM信号，可以表示为：

其中为保护间隔长度，，其他区间为0。

基于机械天线阵实现OFDM调制时，要求阵列数量必须是偶数，阵列以两个天线为基本单位，基本单位中的两天线由磁屏蔽层和旋转永磁体组成，磁屏蔽层负责产生OFDM信号，旋转永磁体负责产生低频载波信号，工作时要求两永磁体旋转相位相差。磁屏蔽层上产生的信号决定了系统的子载波数量和持续时间，OFDM信号的载波频率与相位由磁屏蔽层和旋转永磁体共同决定。从信号产生角度，旋转永磁体负责向外辐射低频电磁信号，从信号调制角度，旋转永磁体只对载波频率产生微小偏置，不改变OFDM信号解调方法。

**2、载波相位偏移带来的影响**

机械天线发送OFDM信号需要两路正交载波信号，做如下假设：

(1) OFDM子载波信号初始相位，且两路天线的子载波严格正交；

(2) 低频载波初始相位，两路低频载波相位差为。

则两路天线产生的发送信号可表示为：

机械天线发送的信号可表示为：

当时，，近似，则发送信号可近似表示为：

除去低频载波分量后，发送信号中还包含干扰信号，干扰信号频谱和OFDM信号频谱高度重叠，会严重破坏OFDM信号的正交性。

同理可得，假设两路天线的OFDM子载波相位差为，当，发送信号可表示为：

从公式中可得，子载波相差同样会引入干扰项，导致频谱混叠。

当OFDM子载波和低频载波同时存在相位差，且相位差趋于0时，发送信号可表示为：

当时有：

当时有：

在相差无法避免时，如果可以控制子载波相差和低频载波相差满足互为相反数关系，则可以极大减小相差对OFDM信号正交性的破坏。如果两相差相近，反而会加剧频谱混叠，增强破坏效果。