

关系的矩阵, 再利用 DOA 矩阵法的思想得到信号的二维参数。Zoltowski 等人利用基于均匀圆阵 (Uniform Circular Array, UCA) 的相模激励并结合子空间技术提出了 UCA-ESPRIT^[3] 算法, 解决了二维 DOA 估计和参数配对问题, 随后又提出了基于均匀矩形阵的 DFT 波束空间二维 DOA 估计算法^[11]。文献[12]中将传播算子法和 ESPRIT 算法结合, 给出了一种快速的空间二维参数估计方法, 该算法无须任何搜索, 估计由闭式直接给出。Li 等人提出了基于子阵结构的二维 DOA 估计^[13]。文献[14]中提出了一种利用高阶累积量来实现方位角和仰角的估计, 该方法适用于一般的阵列几何结构。在常用的平面阵列结构中, 由等距线阵构成的交叉阵近年来由于其阵列结构较为简单而受到人们的广泛重视, 如文献[15]中提出的交叉十字阵列二维角度估计, Hua 等人也给出了一种基于 L 型阵的 2D MUSIC 方法^[16], 但由于其需要二维谱峰搜索, 大大限制了其在实际中的应用。一些学者提出了其他一些二维 DOA 估计算法。

5.2 均匀面阵中基于旋转不变性的二维 DOA 估计算法

本节研究均匀面阵下两种基于旋转不变特性的二维 DOA 估计算法, 包括基于 ESPRIT 的二维 DOA 估计算法和基于 PM 的二维 DOA 估计算法。

5.2.1 数据模型

考虑图 5-1 所示的均匀面阵, 该面阵共有 $M \times N$ 个阵元, 均匀分布, 相邻阵元的间距是 d , $d \leq \lambda/2$ (λ 是波长)。假设空间有 K 个信源入射到此均匀面阵上, 其二维波达方向为 (θ_k, ϕ_k) , $k=1, 2, \dots, K$, 其中 θ_k, ϕ_k 分别代表第 k 个信源的仰角和方位角。定义 $u_k = \sin \theta_k \sin \phi_k$, $v_k = \sin \theta_k \cos \phi_k$ 。

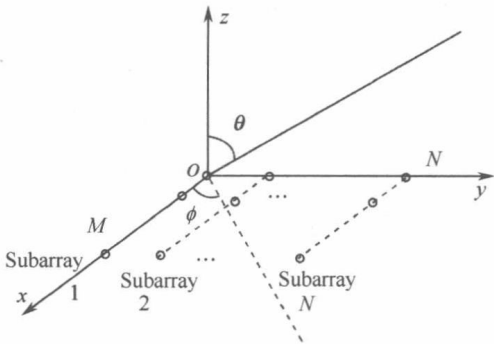


图 5-1 均匀面阵

x 轴和 y 轴上信源的方向向量分别为^[17,18]