准最佳屏蔽二进阵列偶理论研究

蒋 挺,赵成林,周 正
(北京邮电大学96信箱,北京 100876)

摘 要: 本文在最佳屏蔽二进阵列偶的基础上定义了一种新的最佳循环相关信号,即准最佳屏蔽二进阵列偶,讨论了准最佳屏蔽二进阵列偶的体积、变换性质,通过分析其Fourier频谱特性和研究其存在的必要条件,为计算机搜索最佳屏蔽二进阵列偶奠定了理论基础,并给出了由计算机搜索出的若干小体积准最佳屏蔽二进阵列偶.

关键词: 信息论; 阵列偶; 准最佳; 信号理论

中图分类号: TN911.22 **文献标识码**: A **文章编号**: 0372-2112 (2007) 01-0078-06

On Quasiperfect Punctured Binary Array Pairs

JIANG Ting, ZHAO Cheng-lin, ZHOU Zheng
(*Box 96, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing* 100876)

Abstract: A new perfect signal based on perfect punctured binary pairs is presented, which is quasiperfect punctured binary array pairs. The sizes and the transform features of quasiperfect punctured binary array pairs were discussed. By analyzing its Fourier spectrum and studying its existing necessary conditions, we got some theory basis for searching quasiperfect punctured binary array pairs with computer. Some quasiperfect punctured binary array pairs with small size are listed by computer reaching.

Key words: information theory; array pairs; quasi2perfect; signal theory

1 引言

最佳二进阵列偶[1]是一种新近提出的最佳信号,应用这种阵列偶可以使通信系统的发送端和接收端使用不同的信号进行相关检测,即在通信系统的发射端从阵列偶中任选一阵列作为传输信号,用阵列偶中的另外一个阵列做接收端的本地阵列,通过计算阵列偶的自相关函数来达到提取信息的目的. 最佳屏蔽二进阵列偶[2]的提出,为最佳离散信号理论又增添了新的内容,为工程应用提供了更多具有良好循环相关特性的离散信号. 为深入完善最佳屏蔽二进阵列偶的理论研究,在对最佳屏蔽二进阵列偶、准最佳二进阵列[3~5]和准最佳二进阵列偶[6]研究的基础上,本文提出了一种新的准最佳离散信号即准最佳屏蔽二进阵列偶,并研究了其性质和频谱特性,给出了计算机搜索准最佳屏蔽二进阵列偶的组合允许条件,列出了若干计算机搜索准最佳屏蔽二进阵列偶的结果.

2 准最佳屏蔽二进阵列偶的定义

定义1[2] 设 $X=[x(s_1,s_2,\cdots,s_n)]$ 为 n 维 $N_1\times N_2\times\cdots\times N_n$ 阶阵列,若存在另一阵列 $Y=[y(s_1,s_2,\cdots,s_n)]$,满足以下条件:

$$y(s_1,s_2,\cdots,s_n)=\begin{cases}0 & (s_1,s_2,\cdots,s_n)\in \text{阵列 } X \text{ 的屏蔽位}\\ x(s_1,s_2,\cdots,s_n) & (s_1,s_2,\cdots,s_n)\notin \text{阵列 } X \text{ 的屏蔽位}\end{cases}\tag{1}$$

则称阵列 Y 为阵列 X 的屏蔽阵列,使阵列 X 中元素为零的位置 $(p_{i_1},p_{i_2},\cdots,p_{i_n})$ 称为阵列 X 的屏蔽位,i 为阵列 X 的第 i 个屏蔽位.

若阵列 X 中的屏蔽位数为 p,则称阵列 Y 为阵列 X 的 p 位屏蔽阵列.

定义2[2] 由阵列 X 和它的 p 位屏蔽阵列 Y 组成的阵列偶 (X,Y) 称为 p 位屏蔽阵列偶. 若阵列 X 中的元素 $x=\{-1,+1\}$,则屏蔽阵列 Y 中的元素为 $y=\{-1,0,+1\}$,称阵列偶 (X,Y) 为屏蔽二进阵列偶.

定义3 若 (X,Y) 为 n 维 $N_1\times N_2\times\cdots\times N_n$ 阶屏蔽二进阵列偶,将其构成另一阵列偶 (X_1,Y_1) 为 n 维 $2N_1\times N_2\times\cdots\times N_n$ 阶屏蔽二进阵列偶,其中,$x_1(s_1,s_2,\cdots,s_n)=(-1)^{\lfloor s_1/N_1\rfloor}x([s_1]_{N_1},s_2,\cdots,s_n)$,$y_1(s_1,s_2,\cdots,s_n)=(-1)^{\lfloor s_1/N_1\rfloor}y([s_1]_{N_1},s_2,\cdots,s_n)$,$\lfloor s_1/N_1\rfloor$ 表示取整,$[s_1]_{N_1}=s_1 \bmod N_1$. 若屏蔽二进阵列偶 (X_1,Y_1) 的自相关函数 $R_{(X_1,Y_1)}(u_1,u_2,\cdots,u_n)$ 满足如下条件:

$$R_{(X_1,Y_1)}(u_1,u_2,\cdots,u_n)=\begin{cases}F_1\neq 0 & (u_1,u_2,\cdots,u_n)=(0,0,\cdots,0)\\ -F_1\neq 0 & (u_1,u_2,\cdots,u_n)=(N_1,0,\cdots,0)\\ 0 & (u_1,u_2,\cdots,u_n)=\text{其他}\end{cases}\tag{2}$$

其中,$0\le s_1\le 2N_1-1$,$0\le s_i\le N_i-1$;$0\le u_1\le 2N_1-1$,$0\le u_i\le N_i-1$;$s_1+u_1\equiv(s_1+u_1)\bmod 2N_1$,$s_i+u_i\equiv(s_i+u_i)\bmod N_i$,

收稿日期:2004-06-29;修回日期:2006-11-03
项目项目:国家自然科学基金(No.60572158,60372097,60432040,60572020)

$(2 \le i \le n)$;则称 (X, Y) 为准最佳屏蔽二进阵列偶;阵列偶 (X_1, Y_1) 为 (X, Y) 的准生成屏蔽阵列偶.

定义 4　最佳屏蔽二进阵列偶 (X, Y) 的能量定义为

$$E = R_{XY}(0,0,\cdots,0) = \sum_{s_1,s_2,\cdots,s_n} x(s_1,s_2,\cdots,s_n)\, y(s_1,s_2,\cdots,s_n) = V - p \tag{3}$$

最佳屏蔽二进阵列偶 (X, Y) 的能量效率定义为

$$\eta = E/(N_1 N_2 \cdots N_n) = (V - p)/V \tag{4}$$

其中,$V = N_1 N_2 \cdots N_n$ 为阵列 X 的体积,p 为屏蔽位数.

定义 5[1]　阵列 $X = [x(s_1,s_2,\cdots,s_n)]$ 的平衡度 I 定义为

$$I = \sum_{s_1,s_2,\cdots,s_n} x(s_1,s_2,\cdots,s_n) = n_p - n_n \tag{5}$$

其中:n_p,n_n 分别为阵列 X 中 $+1$ 和 -1 元素的个数.

定义 6　阵列 $X = [x(s_1,s_2,\cdots,s_n)]$ 的屏蔽平衡度 pp 定义为

$$pp = p_p - p_n \tag{6}$$

其中:p_p,p_n 分别为在阵列 X 中 $+1$ 和 -1 元素上屏蔽的个数.

定义 7[1,7]　阵列 $X = [x(s_1,s_2,\cdots,s_n)]$ 的 Fourier 变换谱系数定义为

$$F_X(f_1,f_2,\cdots,f_n) = \sum_{s_1,s_2,\cdots,s_n} x(s_1,s_2,\cdots,s_n)\, W_1^{s_1 f_1} W_2^{s_2 f_2} \cdots W_n^{s_n f_n} \tag{7}$$

其中:$W_k = \exp(2\pi j/N_k)$,$k = 1,2,\cdots,n$;$j = \sqrt{-1}$.

$F_X(f_1,f_2,\cdots,f_n)$ 的 Fourier 逆变换定义为:

$$x(s_1,s_2,\cdots,f_n) = \frac{1}{V}\sum_{f_1,f_2,\cdots,f_n} F_X(f_1,f_2,\cdots,f_n)\, W_1^{-s_1 f_1} W_2^{-s_2 f_2} \cdots W_n^{-s_n f_n} \tag{8}$$

其中,$V = N_1 N_2 \cdots N_n$ 为阵列 X 的体积,则称阵列 $X = [x(s_1, s_2,\cdots,s_n)]$ 为 $F_X(f_1,f_2,\cdots,f_n)$ 的 Fourier 逆变换.

定义 8[1,7]　若 $F_X^*(f_1,f_2,\cdots,f_n) = F_X(-f_1,-f_2,\cdots,-f_n)$,则称 $F_X^*(f_1,f_2,\cdots,f_n)$ 为 $F_X(f_1,f_2,\cdots,f_n)$ 的共轭复数.

3　准最佳屏蔽二进阵列偶的性质

设屏蔽二进阵列偶 (X, Y) 为 n 维 $N_1 \times N_2 \times \cdots \times N_n$ 阶准最佳屏蔽二进阵列偶,则满足如下性质:

性质 1　负元变换　若 (X, Y) 为准最佳屏蔽二进阵列偶,则 $(-X, -Y)$ 为准最佳蔽二进阵列偶.

性质 2　移位变换　若 (X, Y) 为准最佳屏蔽二进阵列偶,对其准生成屏蔽阵列偶 (X_2, Y_2) 进行移位变换,则 $(T_i X_2, T_i Y_2)$ 为准最佳屏蔽二进阵列偶的准生成屏蔽阵列偶.

性质 3　逆序变换　若 (X, Y) 为准最佳屏蔽二进阵列偶,对其准生成屏蔽阵列偶 (X_2, Y_2) 进行逆序变换,则 $(R_i X_2, R_i Y_2)$ 为准最佳屏蔽二进阵列偶的准生成屏蔽阵列偶.

性质 4　对称变换　若 (X, Y) 为准最佳屏蔽二进阵列偶,则 $(S_{ij}X, S_{ij}Y)$ 为准最佳屏蔽二进阵列偶,$2 \le i \le j \le n$.

性质 5　线性相位变换 若 (X, Y) 为准最佳屏蔽二进阵列偶,则 $(L_i X, L_i Y)$ 为准最佳屏蔽二进阵列偶,$1 \le i \le n$,N_i 为偶数.

性质 6　周期性　若 (X, Y) 为准最佳屏蔽二进阵列偶,则其准生成屏蔽阵列偶 (X_2, Y_2) 的自相关函数满足

$$R_{(X_2,Y_2)}(u_1 + N_1, u_2, \cdots, u_n) = -R_{(X_2,Y_2)}(u_1, u_2, \cdots, u_n) \tag{9}$$

性质 7　完全采样变换　若 (X, Y) 为准最佳屏蔽二进阵列偶,对其准生成屏蔽阵列偶 (X_2, Y_2) 进行采样变换,则 $(P_i^{(k)} X_2, P_i^{(k)} Y_2)$ 为准最佳屏蔽二进阵列偶的准生成屏蔽阵列偶,其中,k 与 $2N_1$、$N_i\ (2 \le i \le n)$ 互素.

4　准最佳二进阵列偶的频谱特性

定理 1　设 (X, Y) 为 n 维 $N_1 \times N_2 \times \cdots \times N_n$ 阶准最佳屏蔽二进阵列偶,$F_{X_1}(v_1,v_2,\cdots,v_n)$ 和 $F_{Y_1}(v_1,v_2,\cdots,v_n)$ 分别为它的准生成屏蔽阵列偶 (X_1, Y_1) 的 Fourier 变换,则

$$F_{X_1}(v_1,v_2,\cdots,v_n)\, F_{Y_1}^*(v_1,v_2,\cdots,v_n) = \begin{cases} 4(V - p) & v_1 \text{ 为奇数} \\ 0 & v_1 \text{ 为偶数} \end{cases} \tag{10}$$

其中,V 为阵列 X,Y 的体积 $V = N_1 N_2 \cdots N_n$,p 为阵列 X 中的屏蔽位数,$F_{Y_1}^*(v_1,v_2,\cdots,v_n) = F_{Y_1}(-v_1,-v_2,\cdots,-v_n)$,$0 \le v_1 \le 2N_1 - 1$,$0 \le v_i \le N_i - 1$,$2 \le i \le n$.

证明　令

$$D = [d(s_1,s_2,\cdots,s_n)] = [y_1(s_1+u_1, s_2+u_2, \cdots, s_n+u_n)]$$

$$A = [a(s_1,s_2,\cdots,s_n)] = [x_1(s_1,s_2,\cdots,s_n)\, d(s_1,s_2,\cdots,s_n)]$$

则由定义 7 得阵列 D 的 Fourier 变换为

$$F_D(v_1,v_2,\cdots,v_n) = w_1^{-v_1 u_1} w_2^{-v_2 u_2} \cdots w_n^{-v_n u_n} F_{Y_1}(v_1,v_2,\cdots,v_n)$$

其中 $w_1 = \exp[j2\pi/(2N_1)]$,$0 \le v_1 \le 2N_1 - 1$,$w_i = \exp(j2\pi/N_i)$,$0 \le v_i \le N_i - 1$,$2 \le i \le n$;

再由定义 8 知:

$$\begin{aligned} F_A(v_1,v_2,\cdots,v_n) &= \frac{1}{V_1}\sum_{f_1=0}^{2N_1-1}\sum_{f_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{f_n=0}^{N_n-1} F_{X_1}(f_1,f_2,\cdots,f_n)\, F_D(v_1 - f_1, v_2 - f_2, \cdots, v_n - f_n) \\ &= \frac{1}{V_1}\sum_{f_1=0}^{2N_1-1}\sum_{f_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{f_n=0}^{N_n-1} w_1^{-(v_1-f_1)u_1} w_2^{-(v_2-f_2)u_1} \cdots w_n^{-(v_n-f_n)u_n} F_{X_1}(f_1,f_2,\cdots,f_n)\, F_{Y_1}(v_1 - f_1, v_2 - f_2, \cdots, v_n - f_n) \end{aligned}$$

V_1 为阵列 X_1,Y_1 的体积 $V_1 = 2N_1 N_2 \cdots N_n$,令 $(v_1,v_2,\cdots,v_n) = (0,0,\cdots,0)$ 得

$$\begin{aligned} F_A(0,0,\cdots,0) &= \frac{1}{V_1}\sum_{f_1=0}^{2N_1-1}\sum_{f_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{f_n=0}^{N_n-1} w_1^{f_1 u_1} w_2^{f_2 u_2} \cdots w_n^{f_n u_n} F_{X_1}(f_1,f_2,\cdots,f_n)\, F_{Y_1}(-f_1, -f_2, \cdots, -f_n) \\ &= \frac{1}{V_1}\sum_{f_1=0}^{2N_1-1}\sum_{f_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{f_n=0}^{N_n-1} w_1^{f_1 u_1} w_2^{f_2 u_2} \cdots w_n^{f_n u_n} F_{X_1}(f_1,f_2,\cdots,f_n)\, F_{Y_1}^*(f_1,f_2,\cdots,f_n) \\ &\triangleq g(u_1,u_2,\cdots,u_n) \end{aligned}$$

其中,$F_{Y_1}^*(f_1,f_2,\cdots,f_n)$ 为 $F_{Y_1}(f_1,f_2,\cdots,f_n)$ 的共轭复数,对上

式进行 Fourier 反变换得

$$F_{X_1}(f_1,f_2,\cdots,f_n)F^*_{Y_1}(f_1,f_2,\cdots,f_n)$$

$$=\sum_{f_1=0}^{2N_1-1}\sum_{f_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{f_n=0}^{N_n-1}g(u_1,u_2,\cdots,u)\,w_1^{-f_1u_1}w_2^{-f_2u_2}\cdots w_n^{-f_nu_n}$$

另一方面,由 Fourier 变换的定义可知

$$F_A(v_1,v_2,\cdots,v_n)=\sum_{s_1=0}^{2N_1-1}\sum_{s_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{s_n=0}^{N_n-1}x_1(s_1,s_2,\cdots,s_n)\,y_1(s_1+u_1,s_2+u_2,\cdots,s_n+u_n)\,w_1^{s_1v_1}w_2^{s_2v_2}\cdots w_n^{s_nv_n}$$

令 $(v_1,v_2,\cdots,v_n)=(0,0,\cdots,0)$ 得

$$g(u_1,u_2,\cdots,u_n)=F_A(0,0,\cdots,0)$$

$$=\sum_{s_1=0}^{2N_1-1}\sum_{s_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{s_n=0}^{N_n-1}x_1(s_1,s_2,\cdots,s_n)\,y_1(s_1+u_1,s_2+u_2,\cdots,s_n+u_n)$$

$$=R_{(X_1,Y_1)}(u_1,u_2,\cdots,u_n)$$

$$=\begin{cases}2(V-p) & (u_1,u_2,\cdots,u_n)=(0,0,\cdots,0)\\ -2(V-p) & (u_1,u_2,\cdots,u_n)=(N_1,0,\cdots,0)\\ 0 & (u_1,u_2,\cdots,u_n)=\text{其他}\end{cases}$$

$$F_{X_1}(v_1,v_2,\cdots,v_n)F^*_{Y_1}(v_1,v_2,\cdots,v_n)$$

$$=\sum_{u_1=0}^{2N_1-1}\sum_{u_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{u_n=0}^{N_n-1}\Big[\sum_{s_1=0}^{2N_1-1}\sum_{s_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{s_n=0}^{N_n-1}g(u_1,u_2,\cdots,u_n)\,w_1^{-v_1u_1}w_2^{-v_2u_2}\cdots w_n^{-v_nu_n}\Big]$$

$$=\sum_{u_1=0}^{2N_1-1}\sum_{u_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{u_n=0}^{N_n-1}\Big[\sum_{s_1=0}^{2N_1-1}\sum_{s_2=0}^{N_2-1}\cdots\sum_{s_n=0}^{N_n-1}x_1(s_1,s_2,\cdots,s_n)\,y_1(s_1+u_1,s_2+u_2,\cdots,s_n+u_n)\,w_1^{-v_1u_1}w_2^{-v_2u_2}\cdots w_n^{-v_nu_n}\Big]$$

$$=2(V-p)(1-W_1^{-N_1v_1})=2(V-p)(1-(-1)^{v_1})$$

$$F_{X_1}(v_1,v_2,\cdots,v_n)F^*_{Y_1}(v_1,v_2,\cdots,v_n)=\begin{cases}4(V-p)\neq 0 & v_1\text{ 为奇数}\\ 0 & v_1\text{ 为偶数}\end{cases}$$

证毕

推论 1 设 (X,Y) 为 n 维 $N_1\times N_2\times\cdots\times N_n$ 阶准最佳屏蔽二进阵列偶,$F_X(v_1,v_2,\cdots,v_n)$ 和 $F_Y(v_1,v_2,\cdots,v_n)$ 分别为阵列 X,Y 的 Fourier 变换,$F^*_Y(v_1,v_2,\cdots,v_n)$ 为 $F_Y(v_1,v_2,\cdots,v_n)$ 的共轭复数,则

$$F_X(2v_1+1,v_2,\cdots,v_n)F^*_Y(2v_1+1,v_2,\cdots,v_n)=V-p \quad (11)$$

其中,V 为阵列 X,Y 的体积,p 为屏蔽阵列偶的屏蔽位数.

推论 2 设 (X,Y) 为 n 维 $N_1\times N_2\times\cdots\times N_n$ 阶准最佳屏蔽二进阵列偶,则阵列 X_1 中的 +1 和 -1 元素相同为 V,屏蔽阵列 Y_1 中的 +1 和 -1 元素相同为 $V-p$.

由推论 2 可以看出,准最佳屏蔽二进阵列偶 (X,Y) 的准生成屏蔽阵列偶 (X_1,Y_1) 具有非常好的平衡性和相关性,是一种非常好的准最佳离散信号.

5 准最佳屏蔽二进阵列偶的组合允许条件和搜索结果

定理 2 若阵列偶 (X,Y) 为 n 维 $N_1\times N_2\times\cdots\times N_n$ 阶准最佳屏蔽二进阵列偶,且体积 V 为偶数,则屏蔽位数 p 为偶数;反之,体积 V 为奇数,则屏蔽位数 p 为奇数.

证明 由准最佳屏蔽二进阵列偶 (X,Y) 准生成屏蔽阵列偶的相关函数得

$$R_{(X_1,Y_1)}(u_1,u_2,\cdots,u_n)=\sum_{s_1=0}^{2N_1-1}\sum_{s_2,\cdots,s_n}(-1)^{\lfloor s_1/N_1\rfloor}x([s_1]_{N_1},s_2,\cdots,s_n)(-1)^{\lfloor(s_1+u_1)/N_1\rfloor}y([s_1+u_1]_{N_1},s_2+u_2,\cdots,s_n+u_n)$$

$$\xlongequal{\text{令}(u_1,u_2,\cdots,u_n)=(0,u_2,\cdots,u_n)}\sum_{s_1=0}^{2N_1-1}\sum_{s_2,\cdots,s_n}(-1)^{\lfloor s_1/N_1\rfloor}x([s_1]_{N_1},s_2,\cdots,s_n)(-1)^{\lfloor s_1/N_1\rfloor}y([s_1]_{N_1},s_2+u_2,\cdots,s_n+u_n)$$

$$=2\sum_{s_1=0}^{N_1-1}\sum_{s_2,\cdots,s_n}x(s_1,s_2,\cdots,s_n)\,y(s_1,s_2+u_2,\cdots,s_n+u_n)=0$$

因上式为 $V-p$ 项之和,而每项取值为 ±1,要使和值为零,则必有 $V-p$ 为偶数,故当 V 为偶数时,p 为偶数;反之,当 V 为奇数时,p 为奇数. 证毕

定理 3 设序列 $m_X(s_1)$ 为阵列 X 中第一维第 s_1 行元素之和,即 $m_X(s_1)=\sum_{s_2=0}^{N_2-1}\sum_{s_3=0}^{N_3-1}\cdots\sum_{s_n=0}^{N_n-1}x(s_1,s_2,\cdots,s_n)=I_x(s_1)$,为阵列 X 中第一维第 s_1 行的平衡度;另一序列 $m_Y(s_1)$ 为屏蔽阵列 Y 中第一维第 s_1 行元素之和,即 $m_Y(s_1)=\sum_{s_2=0}^{N_2-1}\sum_{s_3=0}^{N_3-1}\cdots\sum_{s_n=0}^{N_n-1}y(s_1,s_2,\cdots,s_n)=I_x(s_1)-pp(s_1)$,为屏蔽阵列 Y 中第一维第 s_1 行平衡度与屏蔽平衡度之差;$0\leq s_i\leq N_i-1$,$0\leq i\leq n-1$,若阵列偶 (X,Y) 为准最佳屏蔽二进阵列偶,则序列偶 $(m_x(s_1),m_y(s_1))$ 为准最佳序列偶.

证明 由准最佳序列偶的定义可得

$$R_{m_X^*m_Y^*}(u_1)$$

$$=\sum_{s_1=0}^{2N_1-1}m_x^*(s_1)\,m_y^*(s_1+u_1)$$

$$=\sum_{s_1=0}^{2N_1-1}(-1)^{\lfloor s_1/N_1\rfloor}m_x(s_1)(-1)^{\lfloor(s_1+u_1)/N_1\rfloor}m_y(s_1+u_1)$$

$$=\sum_{s_1=0}^{2N_1-1}(-1)^{\lfloor s_1/N_1\rfloor}\sum_{s_2,s_3,\cdots,s_n}x(s_1,s_2,\cdots,s_n)\,(-1)^{\lfloor(s_1+u_1)/N_1\rfloor}\sum_{s_2,s_3,\cdots,s_n}y(s_1+u_1,s_2+u_2,\cdots,s_n+u_n)$$

$$=\sum_{u_2,u_3,\cdots,u_n}\sum_{s_1=0}^{2N_1-1}\sum_{s_2,s_3,\cdots,s_n}(-1)^{\lfloor s_1/N_1\rfloor}x(s_1,s_2,\cdots,s_n)\,(-1)^{\lfloor(s_1+u_1)/N_1\rfloor}y(s_1+u_1,s_2+u_2,\cdots,s_n+u_n)$$

$$=\sum_{u_2,u_3,\cdots,u_n}R_{X^*Y^*}(u_1,u_2,\cdots,u_n)$$

最后一等式为阵列偶 (X,Y) 相关函数第 u_1 行所有元素之和,显然,如果阵列偶 (X,Y) 为准最佳二进阵列偶,则可知等式

$$R_{X^*Y^*}(u_1)=\begin{cases}E & (u_1,u_2,\cdots,u_n)=(0,0,\cdots,0)\\ -E & (u_1,u_2,\cdots,u_n)=(N_1,0,\cdots,0)\\ 0 & (u_1,u_2,\cdots,u_n)=\text{其他}\end{cases}$$

成立.因此

$$R_{m_X^* m_Y^*}(u_1)=\begin{cases} E & u_1 \equiv 0 \\ -E & u_1 \equiv N_1 \\ 0 & u_1 = \text{其他} \end{cases}$$

成立,则序列偶$(m_x^*(s_1), m_y^*(s_1))$为准最佳二进序列偶.

证毕

由 $m_x(s_1)$, $m_y(s_1)$的定义可知,它们决定了阵列偶第一维每行的平衡度和屏蔽位数. 利用准最佳屏蔽二进阵列偶的性质和上面给出的组合允许条件,编制了搜索准最佳屏蔽二进阵列偶的搜索程序,其部分搜索结果如下所示.

(1) 2 ×3 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 66.67 %

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & - \\ + & + & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & + & 0 \\ + & + & 0 \end{bmatrix}\right]$$

(2) 4 ×2 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 50.00 %

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + \\ + & - \\ - & + \\ + & + \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & 0 \\ + & 0 \\ 0 & + \\ 0 & + \end{bmatrix}\right]\quad \left[X=\begin{bmatrix} + & + \\ + & + \\ + & - \\ + & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & 0 \\ 0 & + \\ 0 & - \\ + & 0 \end{bmatrix}\right]$$

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + \\ + & - \\ + & - \\ + & + \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} 0 & + \\ + & 0 \\ + & 0 \\ 0 & + \end{bmatrix}\right]\quad \left[X=\begin{bmatrix} + & - \\ + & + \\ + & + \\ + & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} 0 & - \\ + & 0 \\ + & 0 \\ 0 & - \end{bmatrix}\right]$$

(3) 3 ×3 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 44.44 %

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & & - \\ + & & + \\ + & & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ + & + & 0 \\ 0 & - & - \end{bmatrix}\right]$$

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & + \\ + & - & + \\ + & - & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & + & 0 \\ 0 & - & 0 \\ + & 0 & 0 \end{bmatrix}\right]$$

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & - \\ + & + & + \\ + & + & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} 0 & 0 & - \\ + & + & 0 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}\right]$$

(4) 2 ×5 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 60.00 %

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & - & - & - \\ + & + & - & + & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} 0 & 0 & - & - & - \\ + & + & 0 & + & 0 \end{bmatrix}\right]$$

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & - & - & - \\ + & + & - & + & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} 0 & 0 & - & - & - \\ + & + & 0 & + & 0 \end{bmatrix}\right]$$

(5) 3 ×4 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 66.67 %

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & - & + \\ + & + & - & + \\ + & - & - & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & 0 & - & 0 \\ 0 & + & 0 & + \\ + & - & - & - \end{bmatrix}\right]$$

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & + & - \\ + & + & + & - \\ + & - & + & + \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & 0 & + & 0 \\ 0 & + & 0 & - \\ + & - & + & + \end{bmatrix}\right]$$

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & + & - \\ + & + & + & - \\ + & + & + & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & + & + & - \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ + & + & + & - \end{bmatrix}\right]$$

2 ×2 ×3 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 66.67 %

$$\left[X=\left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & - \end{bmatrix}\begin{bmatrix} + & + \\ - & + \end{bmatrix}\begin{bmatrix} - & - \\ - & + \end{bmatrix}\right]\quad Y=\left[\begin{bmatrix} + & + \\ 0 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} + & + \\ - & + \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ - & + \end{bmatrix}\right]\right]$$

$$\left[X=\left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & - \end{bmatrix}\begin{bmatrix} + & + \\ - & + \end{bmatrix}\begin{bmatrix} - & - \\ + & - \end{bmatrix}\right]\quad Y=\left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & - \end{bmatrix}\begin{bmatrix} + & + \\ 0 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ + & - \end{bmatrix}\right]\right]$$

2 ×3 ×2 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 66.67 %

$$\left[X=\left[\begin{bmatrix} + & + & - \\ + & - & + \end{bmatrix}\begin{bmatrix} - & - & + \\ + & - & + \end{bmatrix}\right]\quad Y=\left[\begin{bmatrix} + & + & 0 \\ + & 0 & + \end{bmatrix}\begin{bmatrix} - & - & 0 \\ + & 0 & + \end{bmatrix}\right]\right]$$

$$\left[X=\left[\begin{bmatrix} + & + & - \\ + & - & + \end{bmatrix}\begin{bmatrix} + & + & - \\ - & + & - \end{bmatrix}\right]\quad Y=\left[\begin{bmatrix} + & + & 0 \\ + & 0 & + \end{bmatrix}\begin{bmatrix} + & + & 0 \\ - & 0 & - \end{bmatrix}\right]\right]$$

3 ×2 ×2 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 66.67 %

$$\left[X=\left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & + \\ + & - \end{bmatrix}\begin{bmatrix} - & + \\ - & + \\ - & - \end{bmatrix}\right]\quad Y=\left[\begin{bmatrix} + & 0 \\ 0 & + \\ + & - \end{bmatrix}\begin{bmatrix} - & 0 \\ 0 & + \\ - & - \end{bmatrix}\right]\right]$$

$$\left[X=\left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & + \\ + & - \end{bmatrix}\begin{bmatrix} + & - \\ + & - \\ - & - \end{bmatrix}\right]\quad Y=\left[\begin{bmatrix} + & 0 \\ 0 & + \\ + & - \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 0 & - \\ + & 0 \\ - & - \end{bmatrix}\right]\right]$$

$$\left[X=\left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & + \\ + & + \end{bmatrix}\begin{bmatrix} + & - \\ - & + \\ - & + \end{bmatrix}\right]\quad Y=\left[\begin{bmatrix} + & - \\ 0 & 0 \\ + & + \end{bmatrix}\begin{bmatrix} + & - \\ - & + \\ 0 & 0 \end{bmatrix}\right]\right]$$

(6) 3 ×5 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 53.33 %

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & - & - & - \\ + & + & - & + & - \\ + & + & + & - & + \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & + & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & - & 0 & - \\ + & + & + & 0 & + \end{bmatrix}\right]$$

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & + & - & + \\ + & + & - & + & - \\ + & + & - & - & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & + & + & 0 & + \\ 0 & 0 & - & 0 & - \\ + & + & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}\right]$$

5 ×3 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 53.33 %

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & - & - \\ + & - & + \\ + & + & + \\ + & - & + \\ + & - & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} 0 & - & - \\ + & 0 & + \\ 0 & 0 & 0 \\ + & 0 & + \\ 0 & - & - \end{bmatrix}\right]\quad \left[X=\begin{bmatrix} + & - & - \\ + & + & - \\ + & + & + \\ + & + & - \\ + & - & - \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} 0 & - & - \\ + & + & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ + & + & 0 \\ 0 & - & - \end{bmatrix}\right]$$

(7) 4 ×4 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 75.00 %

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & - & + & + \\ + & - & + & - \\ + & + & - & + \\ + & - & - & + \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & 0 & + & + \\ + & 0 & 0 & - \\ + & + & 0 & + \\ + & - & - & + \end{bmatrix}\right]$$

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & - & + \\ + & - & + & - \\ + & - & + & + \\ + & - & - & + \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & + & 0 & + \\ 0 & - & + & 0 \\ + & 0 & + & + \\ + & - & - & + \end{bmatrix}\right]$$

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & + & + & + \\ + & + & - & + \\ + & + & - & - \\ + & - & + & + \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & 0 & 0 & + \\ 0 & + & - & + \\ + & + & - & - \\ + & - & + & 0 \end{bmatrix}\right]$$

8 ×2 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 η = 50.00 %

$$\left[X=\begin{bmatrix} + & - \\ + & + \\ + & - \\ - & - \\ - & + \\ + & + \\ + & - \\ + & + \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} + & - \\ 0 & 0 \\ + & - \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ + & + \\ 0 & 0 \\ + & + \end{bmatrix}\right]\quad \left[X=\begin{bmatrix} + & - \\ + & + \\ + & - \\ + & + \\ - & + \\ - & - \\ - & + \\ + & + \end{bmatrix}\quad Y=\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ + & + \\ + & - \\ + & + \\ - & + \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}\right]$$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + \\ + & - \\ + & + \\ + & - \\ - & - \\ - & + \\ + & + \\ + & - \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & + \\ + & - \\ + & + \\ + & - \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \right] \quad \left[X = \begin{bmatrix} + & + \\ + & - \\ + & + \\ + & - \\ + & + \\ + & - \\ + & + \\ + & - \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & + \\ + & - \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ + & + \\ + & - \end{bmatrix} \right]$$

4 ×2 ×2 **准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率** $\eta = 50.00\%$

$$\left[X = \left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & - \\ - & + \\ + & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & + \\ - & - \\ + & + \\ - & - \end{bmatrix} \right] \quad Y = \left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & + \\ - & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & - \end{bmatrix} \right] \right]$$

$$\left[X = \left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & + \\ - & - \\ + & + \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & - \\ - & + \\ + & - \\ + & - \end{bmatrix} \right] \quad Y = \left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & + \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ + & - \\ + & - \end{bmatrix} \right] \right]$$

(8) 6 ×3 **准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率** $\eta = 55.56\%$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + & - \\ + & - & + \\ + & - & - \\ + & + & - \\ - & - & - \\ + & - & - \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & - \\ 0 & - & 0 \\ + & 0 & 0 \\ + & + & 0 \\ - & - & - \\ 0 & - & - \end{bmatrix} \right]$$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + & - \\ + & - & - \\ + & + & + \\ + & + & - \\ - & + & + \\ + & - & + \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & - \\ 0 & - & - \\ + & + & + \\ + & + & 0 \\ - & 0 & 0 \\ 0 & - & 0 \end{bmatrix} \right]$$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + & + \\ + & + & - \\ + & + & - \\ + & + & - \\ - & - & + \\ + & + & - \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & + & + \\ + & + & 0 \\ 0 & 0 & - \\ 0 & 0 & - \\ 0 & 0 & + \\ + & + & 0 \end{bmatrix} \right]$$

(9) 5 ×4 **准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率** $\eta = 40.00\%$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + & - & + \\ + & - & - & - \\ - & + & + & + \\ + & + & - & + \\ + & - & - & - \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 0 & + & 0 & + \\ + & 0 & - & 0 \\ 0 & + & 0 & + \\ + & 0 & - & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \right]$$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + & + & - \\ + & - & + & + \\ + & - & + & + \\ + & + & + & - \\ + & - & + & + \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & 0 & + & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & - & 0 & + \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ + & - & + & + \end{bmatrix} \right]$$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + & + & - \\ + & + & + & - \\ + & + & + & - \\ + & + & + & - \\ + & - & + & + \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & 0 & + & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & + & 0 & - \\ + & - & + & + \end{bmatrix} \right]$$

2 ×10 **准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率** $\eta = 60.00\%$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + & + & + & - & - & + & - & - & + \\ + & - & + & - & - & + & + & + & - & - \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & + & + & + & 0 & 0 & + & 0 & 0 & + \\ + & - & + & - & 0 & 0 & + & 0 & 0 & - \end{bmatrix} \right]$$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + & + & + & - & - & + & - & - & + \\ + & + & + & - & - & + & - & + & - & - \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & + & + & + & 0 & 0 & + & 0 & 0 & + \\ 0 & + & 0 & 0 & - & + & - & + & - & 0 \end{bmatrix} \right]$$

10 ×2 **准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率** $\eta = 60.00\%$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + \\ + & + \\ + & - \\ + & + \\ + & - \\ - & + \\ - & + \\ + & + \\ - & + \\ + & + \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & + \\ 0 & + \\ 0 & - \\ + & 0 \\ + & 0 \\ - & + \\ - & 0 \\ + & 0 \\ 0 & + \\ 0 & + \end{bmatrix} \right] \quad \left[X = \begin{bmatrix} + & + \\ + & - \\ + & + \\ + & - \\ + & - \\ - & + \\ + & + \\ - & + \\ + & + \\ + & + \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & 0 \\ + & 0 \\ 0 & + \\ 0 & - \\ + & - \\ 0 & + \\ 0 & + \\ - & 0 \\ + & 0 \\ + & + \end{bmatrix} \right]$$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & - \\ + & - \\ + & + \\ + & - \\ + & + \\ + & + \\ - & - \\ + & - \\ - & - \\ + & - \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & - \\ + & 0 \\ 0 & + \\ 0 & - \\ + & 0 \\ + & + \\ - & 0 \\ 0 & - \\ 0 & - \\ + & 0 \end{bmatrix} \right] \quad \left[X = \begin{bmatrix} + & + \\ + & + \\ + & - \\ + & + \\ + & - \\ + & - \\ - & + \\ + & + \\ - & + \\ + & + \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & + \\ + & 0 \\ 0 & - \\ 0 & + \\ + & 0 \\ + & - \\ - & 0 \\ 0 & + \\ 0 & + \\ + & 0 \end{bmatrix} \right]$$

2 ×2 ×5 **准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率** $\eta = 60.00\%$

$$\left[X = \left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & + \\ + & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - \\ - & + \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & + \\ - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - \\ - & + \end{bmatrix} \right] \quad Y = \left[\begin{bmatrix} 0 & + \\ 0 & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & + \\ 0 & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & 0 \\ - & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & + \\ - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & 0 \\ - & 0 \end{bmatrix} \right] \right]$$

$$\left[X = \left[\begin{bmatrix} + & + \\ + & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & + \\ + & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - \\ - & + \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & - \\ + & + \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - \\ - & + \end{bmatrix} \right] \quad Y = \left[\begin{bmatrix} + & 0 \\ + & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & 0 \\ + & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & - \\ 0 & + \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & - \\ + & + \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & - \\ 0 & + \end{bmatrix} \right] \right]$$

(10) 7 ×3 **准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率** $\eta = 38.10\%$

$$\left[X = \begin{bmatrix} + & + & - \\ + & + & - \\ + & + & - \\ + & + & - \\ - & - & + \\ - & - & + \\ + & + & - \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} + & + & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ + & + & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ - & - & 0 \\ + & + & 0 \end{bmatrix} \right] \quad \left[X = \begin{bmatrix} + & + & - \\ + & + & - \\ + & + & - \\ + & + & - \\ - & - & + \\ + & + & - \\ + & + & - \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ + & + & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ + & + & 0 \\ - & - & 0 \\ + & + & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \right]$$

(11) 2 ×3 ×4 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 $\eta = 66.67\%$

$$\left[X = \left[\begin{bmatrix} + & + & - \\ + & + & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & + & - \\ + & + & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & - & + \\ + & - & + \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & + & - \\ - & + & - \end{bmatrix} \right] \quad Y = \left[\begin{bmatrix} + & + & 0 \\ + & + & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & - & 0 \\ + & + & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & 0 & + \\ + & 0 & + \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & + & 0 \\ - & 0 & - \end{bmatrix} \right] \right]$$

$$\left[X = \left[\begin{bmatrix} + & + & - \\ + & + & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & + & - \\ + & + & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & + & - \\ + & + & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - & + \\ - & - & + \end{bmatrix} \right] \quad Y = \left[\begin{bmatrix} + & + & 0 \\ + & + & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & + & 0 \\ + & + & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & + & 0 \\ + & + & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - & 0 \\ - & - & 0 \end{bmatrix} \right] \right]$$

4 ×3 ×2 准最佳二进屏蔽阵列偶,能量效率 $\eta = 66.67\%$

$$\left[X = \left[\begin{bmatrix} + & + & - \\ + & - & - \\ + & + & - \\ + & - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - & + \\ + & - & - \\ - & - & + \\ + & - & - \end{bmatrix} \right] \quad Y = \left[\begin{bmatrix} + & + & 0 \\ 0 & - & - \\ + & + & 0 \\ 0 & - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - & 0 \\ 0 & - & - \\ - & - & 0 \\ 0 & - & - \end{bmatrix} \right] \right]$$

$$\left[X = \left[\begin{bmatrix} + & + & - \\ + & - & - \\ + & + & - \\ + & - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & + & - \\ - & + & + \\ + & + & - \\ - & + & + \end{bmatrix} \right] \quad Y = \left[\begin{bmatrix} + & + & 0 \\ 0 & - & - \\ + & + & 0 \\ 0 & - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} + & + & 0 \\ 0 & + & + \\ + & + & 0 \\ 0 & + & + \end{bmatrix} \right] \right]$$

从搜索的结果可以看出,准最佳屏蔽二进阵列偶存在的空间范围比准最佳二进阵列偶[2]存在的空间范围更大,能量效率更高.

参考文献:

[1] 赵晓群,何文才,王仲文,等. 最佳二进阵列偶理论研究[J]. 电子学报,1999,27(1):34 - 37.

Zhao Xiaoquan, He Wencai, Wang Zhong Wen, et al. The theory of the perfect binary array pairs[J]. Acta Electronica Sinica, 1999, 27(1):34 - 37. (in Chinese)

[2] 蒋挺,赵晓群,候蓝田. 最佳屏蔽二进阵列偶理论研究[J]. 电子学报,2004;32(2):282 - 286.

Jiang Ting, Zhao Xiaoqun, Hou lantian, et al. The study of punctured binary array pairs[J]. Acta Electronica Sinica, 2004, 32(2):282 - 286. (in Chinese)

[3] JedwabJ Mitchell. Constructing new perfect binary array[J]. Electron Lett, 1988, 24(11):650 - 652.

[4] Jedwab J Metchell. Infinite families of quasiperfect and doubly quasiperfect binary arrays[J]. Electron Lett, 1990, 26(5):294 - 295.

[5] 杨义先. 准最佳二进阵列[J]. 电子学报,1992,20(4):37 - 44.

Yang yi-xian. The Quasi-Perfect binary array[J]. ACTA Electronica Sinica, 1992, 20(4):37 - 44. (in Chinese)

[6] 蒋挺,赵晓群,李琦,等. 准最佳二进阵列偶[J]. 电子学报,2003,33(5):751 - 755.

Jiang Ting, Zhao Xiaoqun, Li Qi, et al. The quasi-perfect binary array pairs[J]. ACTA Electronica Sinica, 2003, 31(5):751 - 755. (in Chinese)

[7] 杨义先著. 最佳信号理论与设计. 北京:人民邮电出版社, 1992.

作者简介:

蒋 挺 男,1962 年出生于四川威远,博士,北京邮电大学电信工程学院副教授,主要从事通信技术,信息理论研究和应用.

E-mail:tjiang@bupt.edu.cn

赵成林 男,1964 年出生于河北省赵县,博士,北京邮电大学电信工程学院副教授,主要从事信息处理和无线通信技术研究.

E-mail:clin_zhao@bupt.edu.cn

周 正 男,汉族,博士,1945 年出生于上海,北京邮电大学电信工程学院教授,博士生导师,主要从事无线电通信技术,信号处理研究. E-mail:zzhou@bupt.edu.cn