■GSVC 2 s "€H§-
УДК 358.111.6

JLC. Беляевекий, А.П. Сушич, И.Ф. Шешин

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНФИГУРАЦИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Предложен новый подход к обоснованию пространственного размещения подсистем спутниковых радионавигационных систем, оптимизируемых по точности местоопределения потребителя Разработан ряд критериев, основывающихся на использовании теории оптимального кодирования информагщ и являющихся мерами близости к оптимуму при построении квазиоптимальных пространственных структур многопозиционных и комплексныхрадионавигационных систем.

В работах [1,2] показано, что квазиоптимальные (по заданной точности) конфигурации размещения многопозиционных радионавигационных систем (МРНС), формирующие группы навигационных параметров (НП) с минимальной вероятностью искажения (распознавания) соответствующих кодовых комбинаций (букв и слов), обеспечивают минимальную погрешность местоопределения объекта. Дадим более строгое обоснование такого подхода и приведем некоторые практические рекомендации по размещению РНС.

Пусть МРНС состоит из эквидистантных наборов опорных станций (ОС) (слов), располагаемых в шаре радиусом *г*, образующем информационное кодовое слово о местоположении объекта, о линии положения. Множество ОС с одинаковыми нормами **(М =** *Di* ||Z)|| = const) расстояний (радиусов-векторов) от начала координат (совмещенного, например, с местоположением объекта) образуют в пространстве шар радиусом \\D\\ (рис.1).

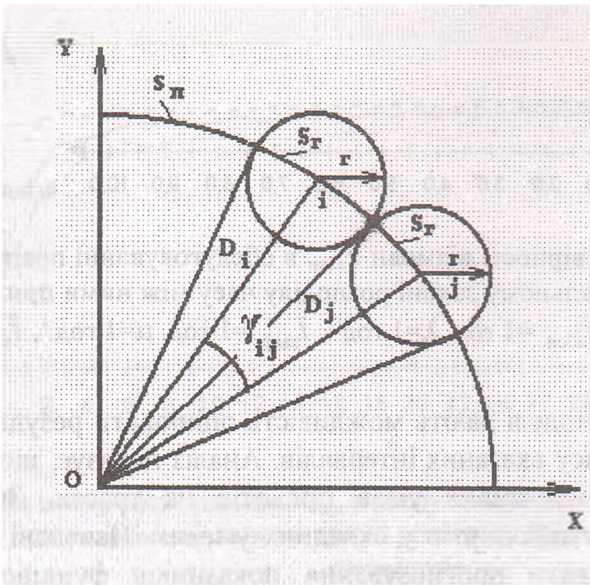

Рис. 1

С этим шаром пересекаются шары-слова радиусом *г*, образуя на его поверхности *5п*сегменты & одинакового размера. Плотность заполнения поверхности шара множеством сегментов & характеризуется зависимостью

$$\nu_П = \frac{LS_r}{S_П},\tag{1}$$

где L – число сегментов (слов), покрывающих поверхность S_m (L>>1).

Как следует из выражения (1), именно коэффициент заполнения $\nu_П$ и число сегментов L при заданном r характеризуют в конечном счете оптимальность (корректирующую способность) кодового набора. Очевидно, что коэффициент заполнения $\nu_П$ связан со значением угла γ_{ij} между i-, j-и пересекающимися линиями положения (ЛП), а следовательно, и со значением скалярного произведения $V_{ij} = (D_i\ D_j)$ i-го и j-го радиусов-векторов, являющихся образующими конусов, построенных на шарах радиусом r.

Введем нормированное скалярное произведение векторов $U = \frac{V_{ij}}{V_{ii}} = \frac{V_{ij}}{\|D\|^2}$ в линейном эвклидовом пространстве (и, соответственно, нормированный коэффициент корреляции вектор-функций в гильбертовом пространстве, заданных на фиксированном временном интервале T). Выражая общую сумму скалярных произведений i-, j-х пар векторов $\overline{D}$ (для фиксированного момента времени t=t_0), формируемых на базе шаров (слов), имеем (для L>>1):

$$\sum_{i=1}^{L}\sum_{y=1}^{L} U_{ij} = \sum_{i=1}^{L}\|D_i\|^2;\quad \left(i, j = 1, \overline{L}; i \neq j\right).\tag{2}$$

Поскольку все нормы радиусов-векторов и расстояния между ними одинаковы, то равны также и скалярные произведения векторов U_{ij}= U_{kl}=…=U. Тогда, учитывая, что правая часть уравнения (2) не отрицательна, после преобразований получим:

$$L\|D\|^2 + L(L-1)\|D\|^2 U \geq 0,\tag{3}$$

откуда

$$L \leq (U-1)U,\tag{4}$$

либо

$$U \geq \frac{-1}{L-1}.\tag{5}$$

Подставляя выражение (5) в формулу (1), имеем:

$$U = \frac{-S_r}{\nu_П S_П - S_r}.\tag{6}$$

Для V_{ij}-го скалярного произведения из формулы (5) получим:

$$V_{ij} = \begin{cases} D^2 & \text{при } i = j; \\ -\dfrac{D^2}{L-1} & \text{при } i \neq j. \end{cases}\tag{7}$$

Если нормированные скалярные произведения радиусов-векторов различны, то формулу (5) следует представить в виде:

$$\min_{L}\min_{l} U \geq \frac{-1}{L-1},\tag{8}$$

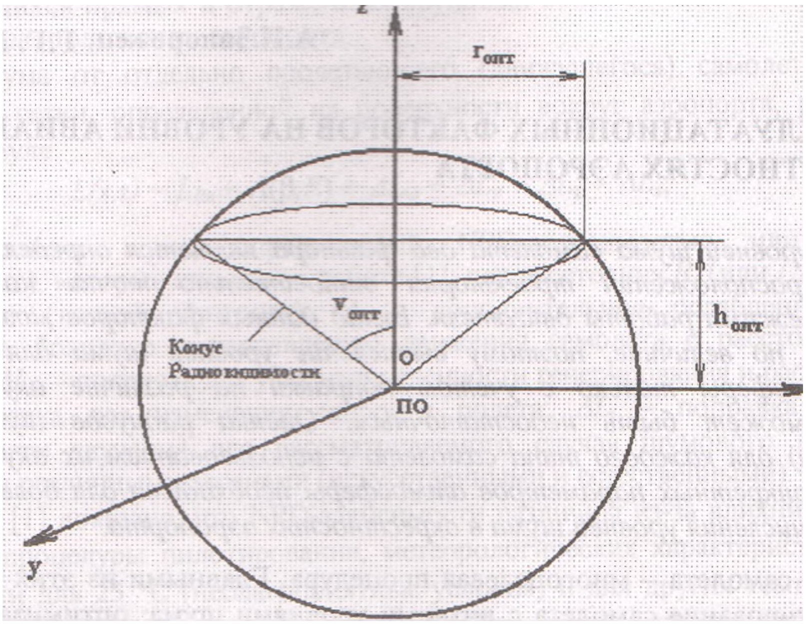

Рис. 2

Пересечение конуса оптимального созвездия с радиусом орбиты искусственного спутника Ж 3) позволяет определить множество оптимальных созвездий ИСЗ .

С учетом приведенных формул можно получить выражения для оценки среднеквадратических отклонении координат ПО:

л/2 1 1 1
®x ~ &y _ вт V ®г ~ L y!m соъу ®к ■

В случае оптимального созвездия

$$\sigma_x^{\text{опт}} = \sigma_y^{\text{опт}} = \sigma_z^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{3}{m}}\sigma_h ; \ \Gamma_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{3}{m}},$$

где / ;,л-- оптимальный геометрический фактор спутниковой РНС.

Можно привести и другие примеры оптимизации пространственных структур спутниковых РНС (и других МРНС).

Список литературы

1. *Обработка* и отображение радионавигационной информации / Л.С.Беляевский, В С. Новиков, П.В.Олянюк и др - М.: Радио и связь, 1990. - 232 с.

2. *Беляевский Л.С., Харченко В.П, Ткаченко В.П.* Радиоконтроль траекторий движения летательных аппаратов. - М.: Воздуш. трансп., 1996. - 311 с.

3. *Сетевые* спутниковые радионавигационные системы / Под ред. П.П. Дмитреева, В.С. Шебшаевича. - М.: Радио и связь, 1993. - 304 с.

4. *ЗаидлерЕ.* Системы передачи дискретной информации. -М.: Связь, 1997. - 304 с.

Стаття надійшла до редакції 24 грудня 1999 року.