

**Исследование алгоритма местоопределения источника радиоизлучения
многопозиционной пассивной системой пеленгования**

© 2012 г. Д.Н. Воробьева, О.А. Морозов

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
oleg@nifti.unn.ru

Работа посвящена разработке алгоритма местоопределения источника радиоизлучения на основе амплитудных соотношений сигналов, зарегистрированных пассивной системой приемников. Проведено исследование характеристик алгоритма местоопределения в присутствии амплитудных шумов и неточности задания координат приемников.

Ключевые слова: пассивная пеленгация, многопозиционная пассивная система наблюдения, дальномерный метод, регуляризация.

Решение задач пеленгации в настоящее время имеет широкое практическое применение.

Пеленгация широко применяется в навигации для определения местоположения и параметров траектории различного рода наземных, морских, воздушных и космических объектов. В метеорологии методами пеленгации определяются районы и характер облачности, осадков, зон грозовых образований и т. д. Пеленгацией свободно дрейфующих в воде предметов определяют скорость и направление морских течений.

В настоящее время остро стоит проблема обнаружения излучающего объекта именно пассивными методами, т.е. когда обнаружитель должен оставаться незамеченным и не должен излучать никаких сигналов. Такие системы могут использоваться как в военной промышленности, так и в гражданской.

Однопозиционные радиосистемы, обрабатывающие сигналы только в одной точке приема, требуют громоздкой и зачастую сложной аппаратуры, к тому же это является причиной более низкой скрытности. Вследствие невозможности прямого измерения дальности дальномерный и угломерно-дальномерный методы определения местоположения объектов здесь не применимы. Однопозиционные радионавигационные системы имеют также существенный недостаток - у них низкая точность пеленгования. Это происходит из-за низкой точности определения координат цели в поперечном направлении. Одним из наиболее эффективных способов избежания этого недостатка является использование многопозиционной системы пеленгования. Основная идея многопозиционной радиолокации состоит в том, чтобы наиболее эффективно использовать информацию, заключенную в полученных сигналах [1]. Многопозиционные пассивные системы наблюдения и позиционирования (местоопределения) источников радиоизлучения осуществляют синхронизированный во времени прием в нескольких разнесенных в пространстве точках излученного объектом сигнала.

Для определения положения источника излучения могут быть использованы три основных параметра радиосигналов: их амплитуда в месте приема, направление прихода и время задержки при распространении, и соответствующие методы пеленгации (местоопределения).

Данная работа посвящена регуляризации алгоритмов и моделированию отдельных методов пассивной пеленгации и определения местоположения источников радиоизлучения. Амплитудные соотношения в принимаемых сигналах характеризуют расстояние между передатчиком и приемником, а в случае направленного приема – направление на источник. Соответственно разделяют дальномерный и амплитудный моноимпульсный методы пассивной пеленгации [2]. Из многообразия возможных методов определения местоположения источников излучения на начальном этапе работы в качестве исследуемого нами был выбран дальномерный метод. Из неамплитудных методов основное внимание уделено разностно-дальномерному методу.

Дальномерный метод заключается в определении местоположения цели измерением расстояний между целью и опорными пунктами (Рис. 1). Каждая поверхность положения представляет собой сферу с центром в опорном пункте и радиусом, равным дальности.

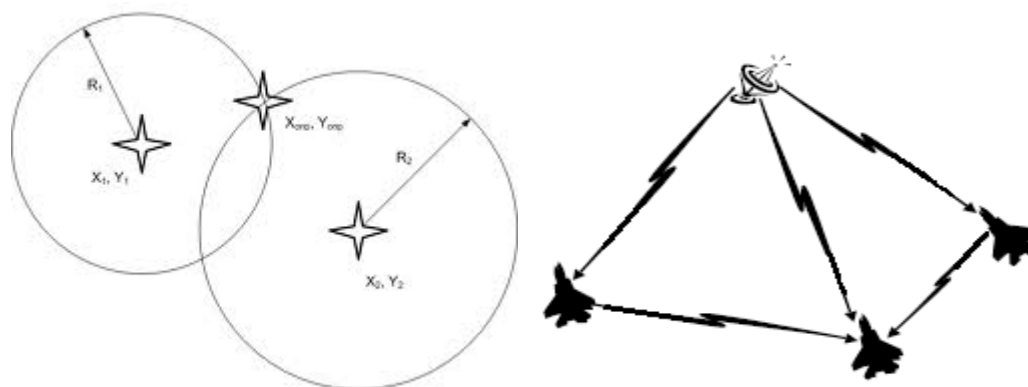


Рис. 1. Дальномерный метод определения местоположения цели

В работе рассматривается система, состоящая из источника радиоизлучения и N приемников сигнала. Отношения амплитуд сигналов, пришедших на $N-1$ приемник, к амплитуде радиосигнала в выбранном (опорном) приемнике выражается через амплитуду сигнала источника и расстояния между источником и каждым из приемников, что математически можно записать следующим образом

$$\left\{ \begin{array}{l} A_{12} = \frac{\sqrt{(x_1 - x_s)^2 + (y_1 - y_s)^2 + (z_1 - z_s)^2}}{\sqrt{(x_2 - x_s)^2 + (y_2 - y_s)^2 + (z_2 - z_s)^2}}, \\ \dots \\ A_{1i} = \frac{\sqrt{(x_1 - x_s)^2 + (y_1 - y_s)^2 + (z_1 - z_s)^2}}{\sqrt{(x_i - x_s)^2 + (y_i - y_s)^2 + (z_i - z_s)^2}} \\ \dots \\ A_{1N} = \frac{\sqrt{(x_1 - x_s)^2 + (y_1 - y_s)^2 + (z_1 - z_s)^2}}{\sqrt{(x_N - x_s)^2 + (y_N - y_s)^2 + (z_N - z_s)^2}}. \end{array} \right. \quad (1),$$

Регуляризация решения включает переход от системы нелинейных уравнений к задаче оптимизации.

$$\Phi = \sum_{i=2}^N \left(\frac{\sqrt{(x_1 - x_s)^2 + (y_1 - y_s)^2 + (z_1 - z_s)^2}}{\sqrt{(x_i - x_s)^2 + (y_i - y_s)^2 + (z_i - z_s)^2}} - A_{1i} \right)^2. \quad (2)$$

Минимизация полученного функционала позволяет оценить координаты пеленгуемого объекта. Оптимизируемый функционал является многоэкстремальным, что существенно затрудняет решение, особенно при наличии даже незначительного шума и произвольной (часто неоптимальной) конфигурации приемников. Для повышения точности определения координат источника излучения в работе предложены методы предварительного анализа конфигурации приемной системы и методы стохастической регуляризации решения оптимизационной задачи.

В работе исследована зависимость ошибки определения координат источника от уровня шума и количества приемников сигнала. Полученные результаты являются важным этапом разработки амплитудных методов пассивной пеленгации с подвижными приемниками сигнала, а также с учетом реальных условий, в том числе неровности поверхности и переотражения излучения.

Определение местоположения с использованием космического сегмента обычно реализуются на основе измерения задержек распространения радиосигналов (разностно-дальномерного метода). Для измерения временных задержек можно использовать алгоритм взаимной корреляционной обработки принятых сигналов [3]. Определение координат источника осуществляется по разности прихода сигналов на каждый из спутников, а сама разность прихода определяется из положения максимума взаимно-корреляционной функции сигналов. Точность местоопределения, достигаемая при использовании данного метода, зависит от точности определения текущих координат космических средств и точности определения взаимных временных задержек. В условиях влияния эффекта Доплера надежность решения задачи местоопределения обеспечивается применением оптимальных

методов обработки сигналов, в частности, обобщенного отношения правдоподобия. Эффективные квазиоптимальные методы определения параметров распространения сигналов могут быть основаны на предварительной регуляризирующей обработке сигналов методами нелинейной цифровой фильтрации. Результатом нелинейной фильтрации является замена исходных сигналов на последовательности отсчетов функции, зависящей только от информационной составляющей сигналов, при этом данный подход обеспечивает высокую вычислительную эффективность решения задач пеленгации источников излучения.

Список литературы

1. Белоцерковский Г.Б. Основы радиолокации и радиолокационные устройства. М.: Советское радио, 1975, 336 с.
2. Вартанесян В.А., Гойхман Э.Ш., Рогаткин М.И. Радиопеленгация. М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1966, 248 с.
3. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы. М.: Радио и связь, 1994.