

Определение местоположения источника сигнала разностно-дальномерным методом

Научный руководитель: ст. преп. Кириленко Я.А.

Консультант: старший инженер АО “НИИ СТТ”, к.т.н., доцент Натальин А.Б.

Автор: Алан Гамаонов

Введение

Для систем радионавигации характерна следующая задача: необходимо определить местоположение источника радиосигнала, зная лишь координаты приёмников.

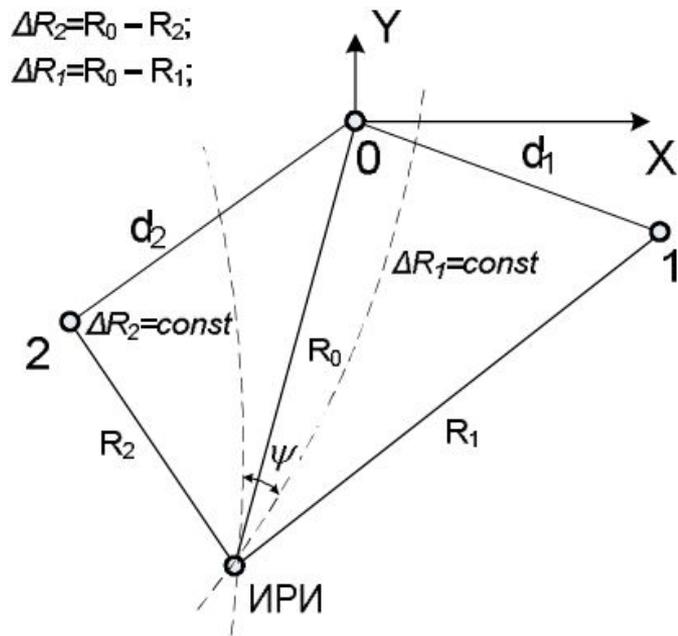
Подобная потребность возникает в самых различных областях: от спутниковой связи до управления движением ракет, а также во многих других случаях.

Основные методы

- Угломерный
 - Более серьёзные требования к антенной системе, более низкая точность
- Разностно-дальномерный
 - Более простые требования к антенной системе, выбору места и калибровке
 - Потребность в более точной синхронизации приёмников по времени
- Угломерно-разностно-дальномерный
 - Не определяет ложные цели при нескольких источниках сигнала
- Однопозиционный
 - Потребность только в одной опорной точке, неоднозначность определения цели

Суть метода

Суть разностно-дальномерного метода основывается на вычислении разности дальностей от источника сигнала до приёмников. Для определения разности дальностей необходимо измерить временные задержки между моментами прихода сигнала каждым приёмником. Для определения координат источника на плоскости достаточно знать как минимум две такие разности.



MATLAB

Данная работа является лишь первым шагом в моделировании описанной далее системы, а потому в качестве языка реализации был выбран именно MATLAB, ввиду того, что он предоставляет богатый набор функций, работающих с числами, векторами и т.д. без подключения сторонних библиотек. Он так же предоставляет возможность легко строить графики и визуализировать данные другими способами.

Постановка задачи

Целью данной работы является разработка приложения, позволяющего с достаточно высокой точностью определить координаты источника сигнала, зная местоположение его приёмников.

Задачи:

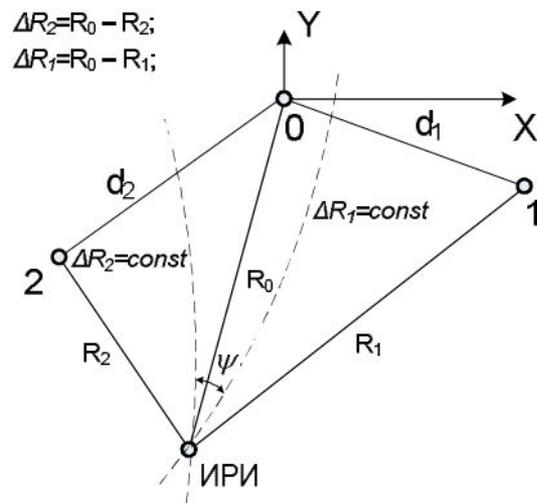
- Ознакомиться с основами цифровой связи и обработки сигналов
- Реализовать алгоритм определения местоположения источника сигнала в MATLAB
- Отобразить полученные координаты на интерактивной карте
- Провести замеры точности определяемых координат

Исходные данные

Каждый приёмник пишет в файл данные о своём местоположении, время прибытия сигнала, некоторые служебные данные (о которых будет сказано позднее) и сами отсчеты сигнала.

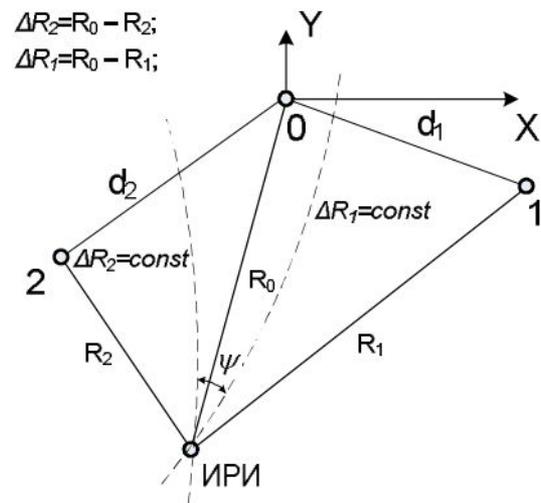
Вычисление задержки и определение местоположения источника

В силу того, что сигнал, записанный двумя разными приёмниками зашумлён, просто сравнить отсчёты и вычислить сдвиг во времени нельзя. Чтобы корректно определить задержку используется взаимная корреляционная функция. Её максимум достигается в некоторой точке, которая определяет задержку приёма сигнала.



Вычисление задержки и определение местоположения источника

Имея эти данные, можно построить гиперболу, фокусами которой будут являться приёмники. Построив две такие гиперболы, находим точку их пересечения. Эта точка - местоположение источника сигнала



Увеличение точности - Шаг 1

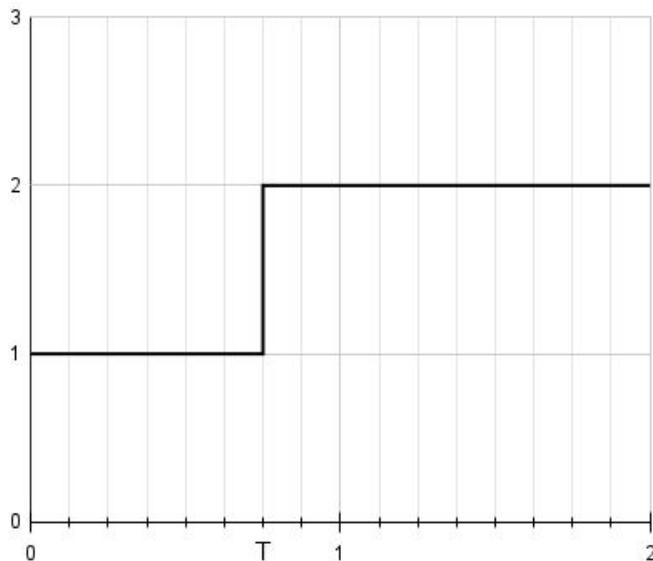
Для большей точности определения координат было решено строить три гиперболы, так как на практике, с учётом всех погрешностей, такой подход даёт более приближенный к реальности результат.

Увеличение точности - Шаг 2

Кроме упомянутых данных приёмник пишет ещё два числа. Первое - это количество периодов дискретизации между двумя соседними PPS (Pulse Per Second) импульсами. Это число характеризует насколько опорный генератор конкретного приёмника отклонился относительно номинального значения. Учитывая эти особенности, происходит поправка каждой записи по частоте на отклонение от номинала.

Увеличение точности - Шаг 3

Вторым числом является задержка PPS-импульса относительно отсчёта сигнала, на которую также делается поправка в вычислениях. Задержка кратна $1/8$ периода дискретизации сигнала.



Точность

Погрешность при синхронизации приёмников по времени не превышает 100 нс.

Погрешность при определении местоположения приёмников (в метрах)

Приёмник	Макс.отклонение	Мат.ожидание	Дисперсия
A	0.66	0.26	0.02
B	1.33	0.61	0.12
C	0.17	0.09	0.01

Точность

Погрешность при определении местоположения источника (в метрах)

Макс.отклонение	Мат.ожидание	Дисперсия
7.17	3.52	2.08

Вывод данных

Для удобства вычислений известные географические координаты приёмников пересчитываются в соответствии с декартовой системой координат (с началом отсчёта в центроиде получившегося треугольника). Найденные в результате работы алгоритма координаты источника сигнала конвертируются в географические и выводятся на интерактивную карту средствами MATLAB.

ИТОГИ

- Произведено ознакомление с основами цифровой обработки сигналов (в том числе на основе теоретических и практических задач)
- Реализован алгоритм определения координат источника сигнала на основе разностно-дальномерного метода в MATLAB
- Реализован вывод результата работы алгоритма на интерактивную карту в географических координатах
- Измерена точность полученных результатов

Ссылка на репозиторий: github.com/AlanGamaonov/tdoa