

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ

И.О. Митрахович, К.В. Козадаев
 Белорусский государственный университет
 e-mail: immitrik@gmail.com

Summary. *This research is connected with the expansion of global satellite navigation systems application. All the experiments conducted were devoted to the development of the algorithm of obtaining the mobile objects orientation angles using satellite signals. For obtaining and processing of experimental data adaptive filters were used. The results obtained can be applied for solving a number of problems connected with global positioning and navigation.*

Логическим развитием ГНСС стала разработка метода относительной кинематики. Усовершенствованием этого подхода, обладающим более высокой оперативностью, стал метод RTK (относительная кинематика в режиме реального времени) для определения координат. Метод RTK может использоваться не только для решения задачи определения координат приемника. Если расширить данный подход и установить на один объект 2 приемника, то при таком методе позиционирования, можно определить вектор направления данных приемников. А это дает возможность для определения углов пространственной ориентации объекта.

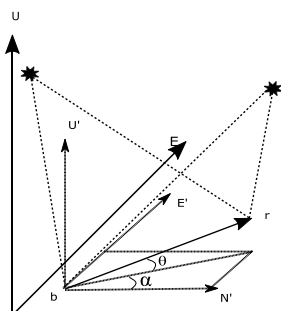


Рис. 1. Схема метода RTK для углов

Метод RTK для определения углов ориентации. Для определения координат используются измерения фаз несущей ГНСС-сигналов одновременно на двух приёмниках. Расстояние между ними должно быть фиксировано, для точного определения вектора, на котором эти приемники расположены. Стоит заметить, что на малом расстоянии, и при одинаковом типе принимающих устройств ошибки, вызванные атмосферными помехами и смещением часов спутника, равны с точностью до тысячных долей измеряемых значений. Таким образом, разница полученных навигационных решений двух приемников, является искомым вектором их расположения (\vec{br} на Рис 1), только без учета ошибок, которые нивелируются этой самой разностью, в силу их идентичности.

При известных координатах вектора представляется возможность определить и углы ориентации этого вектора и того объекта, на котором он расположен. Оценка положения объекта производится на основе таких параметров как псевдодальность и фазовое расстояние.

Псевдодальность содержит в себе реальную дальность между спутником и приемником ρ_r^s , смещение часов спутника и приемника dt_r, dT^s , ионосферную $I_{r,i}^s$ и тропосферную задержку T_r^s и ошибку измерений ε_p [1]

$$P_{r,i}^s = \rho_r^s + c(dt_r(\bar{t}_r) - dT^s(\bar{t}^s,)) + I_{r,i}^s + T_r^s + M_p + \varepsilon_p \quad (1)$$

Фазовое расстояние $\Phi_{r,i}^s$, определяется как фаза несущей, умноженная на несущую частоту λ_i (в метрах), которая может быть преобразована с помощью смещений несущей фазы (фазовых неопределенностей) $B_{r,i}^s$ и поправочных членов $d\Phi_{r,i}^s$ [1]

$$\Phi_{r,i}^s = \rho_r^s + c(dt_r(\bar{t}_r) - dT^s(\bar{t}^s,)) - I_{r,i}^s + T_r^s + d\Phi_{r,i}^s + \lambda_i B_{r,i}^s + M_\phi + \varepsilon_\phi; \quad (2)$$

$$\Phi_{rb,i}^{jk} = \rho_{rb}^{jk} + \lambda_i (B_{rb,i}^j - B_{rb,i}^k) + d\Phi_{r,i}^s + \varepsilon_\phi; \quad (3)$$

$$P_{rb,i}^{jk} = \rho_{rb}^{jk} + \varepsilon_\phi. \quad (4)$$

Для позиционирования системы с короткой длиной базовой линии (менее 10км), где базовая линия – расстояние между ровером r и базой b , нам необходимы следующие измерения(двойная разность) (3) и (4). Они выполняются для фазового расстояния (3) и псевдодалности (2) на каждой из частот, транслируемых спутником. Далее из этих измерений можно получить значения координат и скоростей. Данная операция производится при помощи расширенного фильтра Калмана.

Таким образом, найдя вектор базовой линии, можно определить углы ориентации объекта, на основе соотношений (5) - (6).

$$Pitch = \arcsin\left(\frac{z_{rb}}{l_{rb}}\right) * \frac{180}{\pi}, \quad (5)$$

$$Course = \left(\left(ATAN2(x_{rb}, y_{rb}) * \frac{180}{\pi}\right) + 90^\circ\right) \bmod 360^\circ, \quad (6)$$

где (x_{rb}, y_{rb}, z_{rb}) – компоненты вектора базовой линии, а l_{rb} – длина этого вектора.

Результаты. В роли испытуемой системы выступали две антенны Novatel GPS-703-GGG, закрепленные на расстоянии 195см. Опыт проводился в движении, именно поэтому истинные значения угла курса и крена установить не удалось. Однако по точности определения базовой линии можно судить и о точности определения угловых параметров:

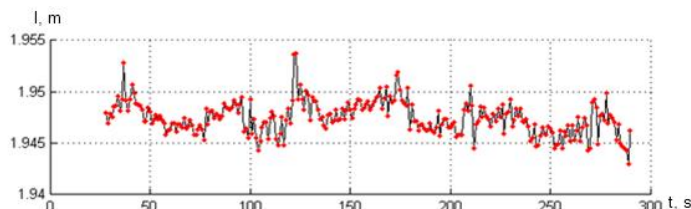


Рис. 2. Длина базовой линии (в метрах)

При измерении в динамике, СКО измерений длины базовой линии составило 0.17 см. Из этого можно сделать вывод, что движение практически не влияет на точность измерения базовой линии и углов ориентации. Скорость (до 100м/с) на стабильность системы не влияет. Количество спутников, что тоже не влияет на качество, так как для решения задачи глобального позиционирования хватает 6 видимых спутников, остальные нужны лишь для уточнения решения[2].

Выводы. Предложенная модификация метода RTK позволяет использовать навигационные приемники для определения пространственных координат объекта с точностью, доступной, для современных гироскопов, однако данная технология выигрывает в соотношении «цена-качество» Навигационные приемники лишены накапливаемой ошибки, при использовании данного метода достигается точность, выше, чем у гироскопа (на ошибку в определении базовой линии в 1мм – ошибка в определении угла составляет 0.05°).

Литература

1. RTKLib ver 2.4.2 Manual. T.Takasu, 2013.
2. Understanding GPS. Principles and application. Elliot D. Kaplan. 1996.