

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВ ОРИЕНТАЦИИ ОБЪЕКТОВ В ПРОСТРАНСТВЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДА RTK

Митрахович И.О

Научный руководитель - канд. ф-м. наук Козадаев К.В.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

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 снимаемых точек местности без предварительного сбора информации. При этом, достигаемый этим подходом, уровень погрешности навигационных решений не превышает 1 метра. Метод RTK, в свою очередь, может использоваться не только для решения задачи определения координат приемника. Если расширить данный подход и установить на один объект 2 приемника, условно назвав их базой и ровером, то при таком методе позиционирования, можно определить вектор направления данных приемников. А это, в свою очередь, дает возможность для определения углов пространственной ориентации объекта.

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. На пути радиосигнала со спутника до приемника, он подвергается различным искажениям. Это не способствует точному решению навигационной задачи, так как в результате определяется уже не точка поперечным размером в несколько миллиметров, а пятно диаметром от 5 до 100 метров. Однако, 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 тем самым 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

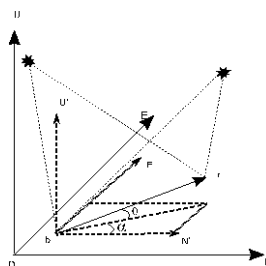


Рис. 1. Схема метода RTK для углов

объекта, на котором он расположен. Оценка положения объекта, как правило, производится на основе таких параметров как псевдодальность и фазовое расстояние.

В самом общем виде 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]

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

Фазовое расстояние $\Phi_{r,i}^s$, в свою очередь, 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]

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

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

$$P_{rb,i}^{jk} = \rho_{rb}^{jk} + \varepsilon_\Phi \quad (2)$$

Для позиционирования системы с короткой длиной базовой линии (менее 10 км), т.к. 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 псевдодальности (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. Таким образом, для определения углов ориентации объекта (углы тангажа и курса) не обязательно использовать инерциальные методы измерения, для этого достаточно двух навигационных приемников. Данный метод имеет ряд преимуществ, по сравнению с гироскопами. Навигационные приемники лишены накапливаемой ошибки, при использовании данного метода достигается точность, выше, чем у гироскопа (на ошибку в определении базовой линии в 1 мм – ошибка в определении угла составляет 0.05°). При этом на точность метода не влияют атмосферные явления (основной источник ошибок ГНСС).

Результаты

В роли испытуемой системы выступали две антенны Novatel GPS-703-GGG, закрепленные на расстоянии 195 см. 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:

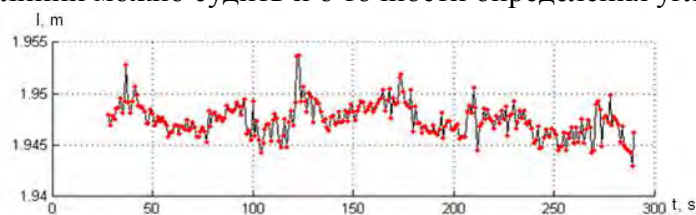


Рис. 2. Длина базовой линии (в метрах)

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 (так как их вычисление зависит только от нее). Скорость (до 100 м/с) на стабильность системы не влияет. Количество спутников нестабильно (различные помехи, столбы, строения, проезжающие мимо автомобили), 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 (углов крена и курса) объекта с точностью, доступной, для современных высокоточных гироскопов, однако данная технология определенно выигрывает в соотношении «цена-качество».

Литература

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