

чив при этом прирост производительности в несколько десятков раз по сравнению с традиционным вычислением на центральном процессоре.

Литература

1. Боресков А. В., Харламов А. А. Основы работы с технологией CUDA. Москва, 2013. С. 66–121.
2. Боресков А. В. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA. Москва, 2012, С. 43 – 134.
3. Джейсон Сандерс, Эдвард Кэндрот. Технология CUDA в примерах. Бостон, 2013. С. 54–90.
4. Воробьев В. И., Грибунин В. Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. С.Петербург, ВУС, 1999. С 82 – 110.
5. С. Малла. Вейвлеты в обработке сигналов. 2005. С. 89–111.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОРБИТЫ И НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ GPS ПРИЁМНИКА НИЗКООРБИТАЛЬНОГО СПУТНИКА

Ю. А. Степук, М. В. Волчанина

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в связи с повышением уровня сложности научных задач, к сверхмалым космическим аппаратам (нано- и пикоспутникам) предъявляются жесткие требования в части точности определения положения спутника на орбите. Это связано с повышением разрешающей способности измерительной аппаратуры и систем наблюдения Земли из космоса. Очевидно, что при этом на системы спутника параллельно накладываются ограничения по массе, габаритам и потребляемой мощности [1].

GPS приемники используются на борту сверхмалого космического аппарата (СМКА) как для определения точных координат и скорости, так и для решения научных задач, например радиозатменное зондирование ионосферы [2]. Но из-за ограниченности энергетики спутника приемник не может работать все время на орбите, поэтому существенным при работе является уменьшение времени «холодного» старта[3]. Поиск сигнала осуществляется по задержке и доплеровскому сдвигу частот, который увеличивается в разы по сравнению с наземным приемником, важным является вопрос предсказания диапазона этих параметров для каждого навигационного спутника в данной точке орбиты. Поэтому численное моделирование орбит навигационного спутника и низкоорби-

тального сверхмалого космического аппарата и параметров навигационных сигналов является актуальной задачей.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ НАВИГАЦИОННОГО СПУТНИКА И НИЗКООРБИТАЛЬНОГО СВЕРХМАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Для точного определения интервалов наблюдения каждого навигационного спутника в приёмнике низкоорбитального спутника проводилось численное моделирование геометрии их взаимного положения, рассчитывались интервалы наблюдения навигационного спутника в приёмнике низкоорбитального СМКА и дальность между ними. По известным координатам навигационного спутника и СМКА спутника в геоцентрической прямоугольной системе координат (ГПСК) определялись параметры их взаимного положения в пространстве относительно Земли: наклонная дальность $D(t)$, угол $\gamma(t)$ между радиус-вектором навигационного спутника $R_{НА}$ и направлением на низкоорбитальный СМКА, предельный угол $\gamma_{ПР}(t)$, определяющий заход навигационного спутника за тень Земли, как это показано на рисунке 1.

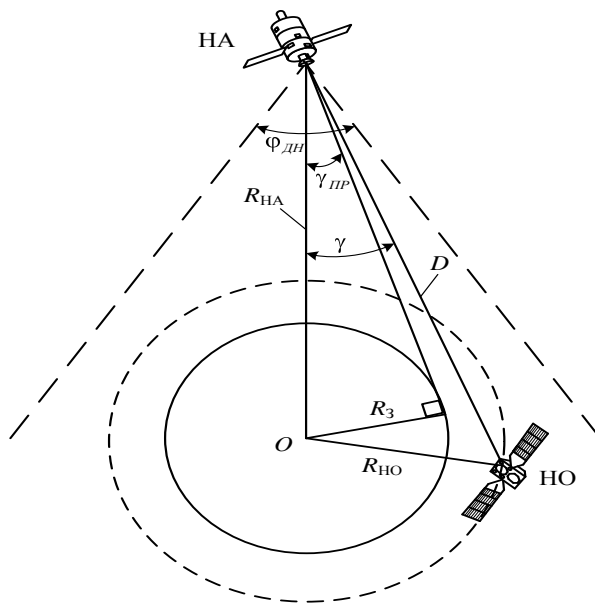


Рис. 1. Взаимное положение навигационного спутника и низкоорбитального СМКА (НО – низкоорбитальный СМКА; НА – навигационный спутник)

Было разработано программное обеспечение (ПО) для нахождения геометрических параметров спутников и характеристик навигационных сигналов. Данное ПО имеет следующую структуру:

1. Получение орбитальных данных навигационного спутника и низкоорбитального СМКА в TLE формате из базы данных NORAD.

2. Обработка данных полученных из базы данных NORAD. Определение разности времени между данными по навигационному спутнику и низкоорбитальному. Получение основных орбитальных параметров спутников на начало моделирования.

3. Прогнозирование параметров орбиты навигационного спутника и навигационного спутника в течении интервала времени моделирования.

4. Вычисление наклонной дальности, относительной скорости спутников, интервалов видимости навигационного спутника, взаимного расположения, доплеровского сдвига частот навигационных сигналов.

На рисунках 2-3 представлены результаты численного моделирования для навигационного спутника GPS 25 и СМКА CanX-2.

На рисунке 2 представлен график изменения дальности между GPS 25 и СМКА CanX-2 за одни сутки. График имеет периодическую структуру значение дальности изменяется в пределах от 22000 км до 26000 км, зона где значение дальности равно нулю означает что спутники находятся в области земной тени.

На рисунке 3 представлен график изменения доплеровского сдвига вычисленный для GPS 25 и СМКА CanX-2 за одни сутки. Вычисление доплеровского сдвига были произведены на двух частотах $F1=1575.42$ МГц и $F2=1227.60$ МГц. Значение доплеровского сдвига равно нулю при минимальном значении дальности, а с увеличением дальности модуль доплеровского сдвига растет, достигая максимального значения порядка 35 кГц для данного временного интервала моделирования, что в 7 раз превосходит значения наземного приемника, что приведет к увеличению времени поиска сигнала без дополнительных изменений алгоритма.

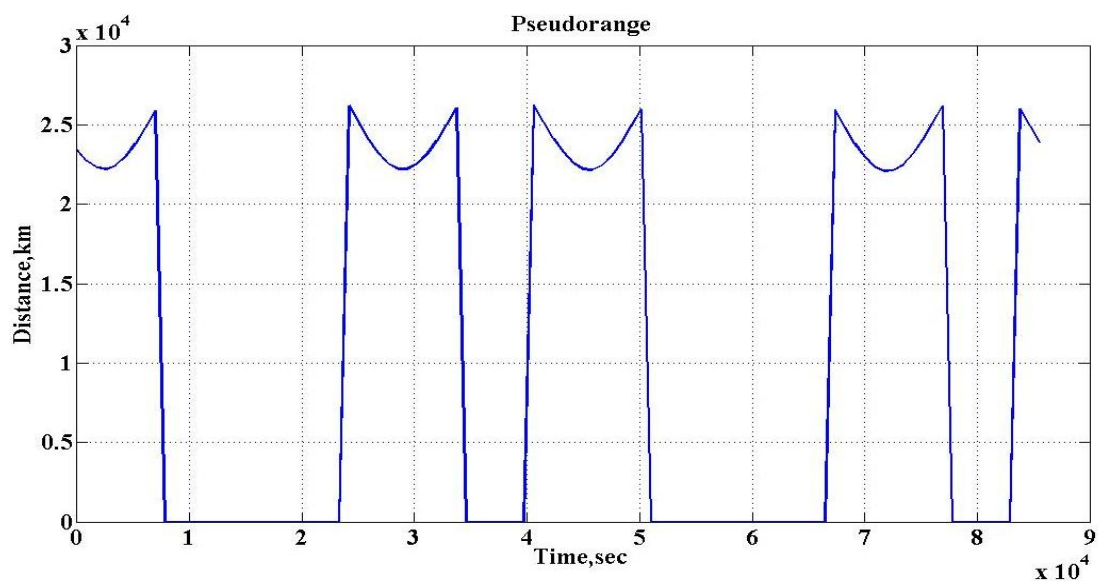


Рис.2. График изменения дальности между навигационным спутником и низкоорбитальным спутником в зависимости от времени

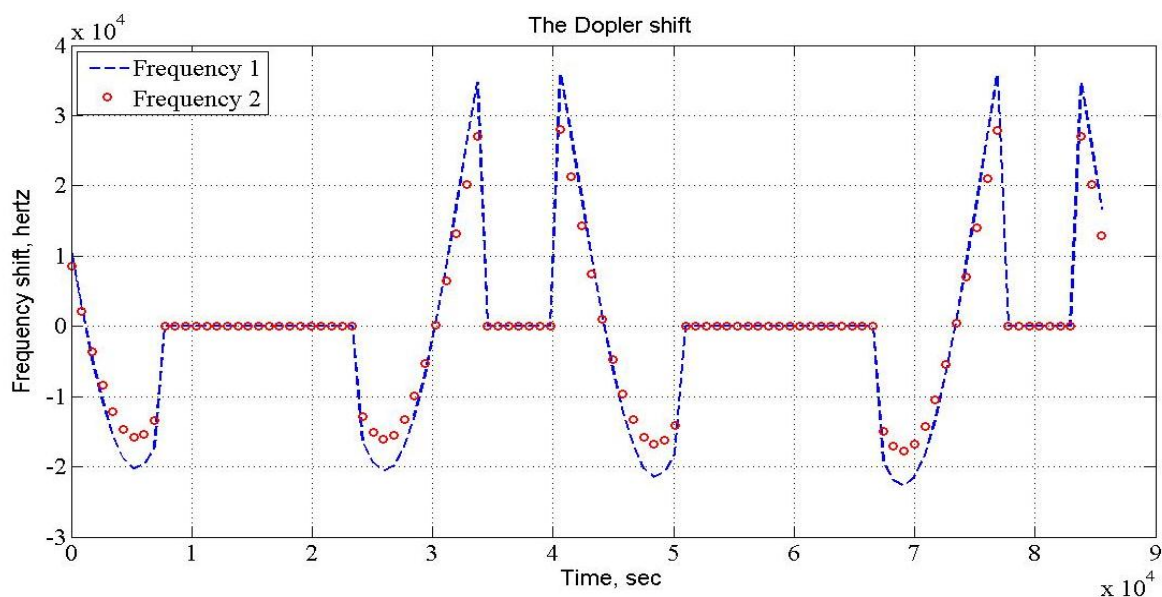


Рис.3. График доплеровского сдвига между навигационным спутником и низкоорбитальным спутником в зависимости от времени на двух частотах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Было проведено численное моделирование орбит навигационного спутника и низкоорбитального спутника, проведён расчёт наклонной дальности от навигационного спутника до низкоорбитального спутника, относительной скорости навигационного спутника и низкоорбитального спутника, доплеровского сдвига частот. Моделирование орбитального движения сверхмалого космического аппарата относительно навигационных спутников и параметров навигационных сигналов позволит для данного момента времени предсказать диапазон изменений доплеровского сдвига и задержки сигналов, что позволит оптимизировать алгоритм поиска, уменьшить время холодного старта приемника.

Литература

1. *Абламейко С.В., Саечников А.А., Спиридонов А.А.* / Глобальные навигационные спутниковые системы второго поколения ГЛОНАСС и GPS: методическое пособие // Минск: БГУ, 2011. 147 с.
2. *Абламейко, С.В., Саечников А.А., Спиридонов А.А.* / Малые космические аппараты: методическое пособие // Минск: БГУ, 2012. 164 с.
3. *Kovar P.* Cold Start Strategy of the CubeSat GPS Receiver // *Advances in Electrical and Computer Engineering.* //2014. Vol. 14. № 2. P. 29–34.