

СТРУКТУРА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ГЛОБАЛЬНЫМИ НАВИГАЦИОННЫМИ СПУТНИКОВЫМИ СИСТЕМАМИ

Вереникин С.Н., Масленников А.Л.

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
г.Москва*

Ключевые слова: GPS, ГЛОНАСС, ГНСС, комплексирования, навигационные системы, имитационное моделирование, имитационная модель.

Аннотация. Повышение точности навигационной информации, получаемой от глобальных навигационных спутниковых систем, осуществляется как на аппаратном, так и программном уровнях. На программном уровне задача решается за счет разработки алгоритмов обработки навигационной информации и комплексирования. Для отладки данных алгоритмов необходимо иметь имитационную модель формирования навигационной информации от глобальных навигационных спутниковых систем. В работе предлагается структура такой имитационной модели и описываются особенности ее практической реализации.

SIMULATION MODEL STRUCTURE OF THE NAVIGATION DATA FORMING BY GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM

Verenikin S.N., Maslennikov A.L.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

Keywords: GPS, GLONASS, GNSS, data fusion, navigation systems, simulation, simulation modeling.

Abstract. Improving accuracy of the GNSS navigation data could be achieved at the hardware and software levels. At the software level it could be done utilizing new data processing algorithms or via data fusion. To be able test new algorithms, the simulation model of the navigation data forming by global navigation satellite systems must be developed. In this paper the structure of such simulation model is proposed, and general aspects of practical implementation are discussed.

Введение

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), де-факто, являющиеся стандартным источником получения навигационной информации – не идеальны. На точность определения местоположения потребителя с использованием ГНСС влияют различные системные и инструментальные погрешности, погрешности связанные с особенностями прохождения радиосигнала через слои атмосферы и при его переотражении от различных построек, и др. [1-2].

Современные подходы по повышению точности получаемой навигационной информации, как правило, заключаются в разработки более новых алгоритмов обработки «сырой» навигационной информацией и алгоритмов комплексирования [3]. Комплексирование может строиться как на связи ГНСС с другими навигационными системами, так и на основе прогнозируемой навигационной информацией, вычисляемой по данным альманаха и эфемерид навигационных спутников [4-7].

Для разработки и отладки алгоритмов обработки информации и комплексирования необходимо знать истинное состояние группы навигационных спутников, а также значение всех погрешностей, что, по объективным причинам невозможно. В связи с этим необходима разработка математических моделей высокой степени адекватности имитирующих функционирование ГНСС. В данной работе предлагается структура имитационной модели формирования навигационной информации, получаемой от ГНСС.

Структура имитационной модели

Структура имитационной модели, представленная на рисунке 1, состоит из семи подсистем, со своим математическим описанием. Моделирование всей имитационной модели осуществляется по шагам, привязанным к моментам времени.



Рис. 1. Имитационная модель ГНСС

Блок 1 реализует моделирование численными методами движения навигационных спутников, динамика которых описывается системой дифференциальных уравнений. Результатом моделирования является вектор истинных координат и скоростей движения всех спутников, рассматриваемых ГНСС.

Блок 2 реализует моделирование движения подвижного объекта, т.е. на каждом шаге моделирования на выходе блока формируются истинные координаты и скорости движения подвижного объекта. Отметим, что вместо реализации процесса моделирования можно использовать заранее заданную траекторию движения подвижного объекта.

В блоке 3 реализована модель среды окружающей застройки, которая, по сути, представляет собой метаданные описывающие геометрию окружающих подвижных объект построек. В блоке 4 на основе значений истинных координат и скоростей спутников, параметров атмосферы, а также метаданных среды городской застройки, формируется модель погрешностей измерений псевдодальностей и временных поправок часов приёмника потребителя, устанавливаемого на подвижном объекте.

В блоке 5 происходит формирования фактических псевдодальностей и поправок часов приемника потребителя с добавлением не моделируемых погрешностей в виде стохастических процессов. В блоке 6 реализуется алгоритм

определения навигационной информации по полученным фактическим значениям псевдодальностей и поправок часов приемника потребителя. Результатом работы данного блока является вектор координат и скоростей подвижного объекта.

Блок 7 опционален и реализует формирование информационных пакетов свободного формата NMEA и проприетарного протокола PSTM на основе формируемых измерений [8]. Выходом этого блока, по сути, являются выходные данные приемника ГНСС.

Особенности практической реализации имитационной модели

Компьютерное моделирование рассмотренной модели формирования навигационных данных ГНСС в режиме близком к реальному времени потребует высоких требований по быстродействию вычислителей и оптимизации программного кода. Поэтому целесообразно каждый из блоков имитационной модели реализовывать с использованием компилируемых языков программирования в виде отдельного приложения – имитатора, а связь между ними обеспечивать через программный или аппаратный интерфейс достаточной пропускной способности.

Ввиду невозможности моделирования высокочастотных радиосигналов во временной области осуществляется переход к моделированию погрешностей определения псевдодальностей и поправок часов приемника. Также отметим, что начальные условия для моделирования движения навигационных спутников могут быть предварительно получены по данным альманаха и эфемерид.

Заключение

В статье описана структура имитационной модели формирования навигационной информации ГНСС. Описана блочная структура, функционал каждого блока (подсистемы), а также приведены особенности практической реализации процесса моделирования.

Список литературы

1. Микрин Е.А. Навигация космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем: учебное пособие / Е.А. Микрин, М.В. Михайлов. – М.: МГТУ им. Баумана, 2017. — 345 с.
2. Микрин Е.А. Ориентация, выведение, сближение и спуск космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем: учебное пособие / Е.А. Микрин, М.В. Михайлов. – М.: МГТУ им. Баумана, 2017. – 357 с.
3. Селезнева М.С. Алгоритмы обработки информации навигационных систем и комплексов летательных аппаратов / М.С. Селезнева, Шень Кай, К.А. Неусыпин, А.В. Пролетарский. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 234 с.
4. Пролетарский А.В. Алгоритмы коррекции навигационных систем: учебное пособие / А.В. Пролетарский, К.А. Неусыпин, И.А. Кузнецов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 67 с.
5. Рябогин Н.В., Соколов В.Н., Задорожная Н.М. Комплексирование информации инерциальных измерительных блоков и звездных приборов на основании оценки вектора малого поворота // Мехатроника, автоматизация, управление. 2017. №18(5). С.351-359. DOI: 10.17587/mau.18.351-359.
6. Масленников А.Л., Цыганкова И.С. Комплексирование фактической и прогнозируемой навигационной информации ГНСС // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2019. №14. С. 130-135. DOI: 10.26160/2474-5901-2019-14-130-135.

7. Цыганкова И.С., Масленников А.Л. Комплексирование навигационной информации ГНСС по нескольким информационным источникам // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2020. №19. С. 66-70. DOI: 10.26160/2474-5901-2020-19-66-70.
8. Завьялов Р.А., Масленников А.Л. Классификация сообщений протоколов NMEA и RSTM // Научный потенциал молодежи и технический прогресс: Материалы III международной студенческой научно-практической конференции. Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2020. С. 63-64. DOI: 10.26160/2618-7493-2020-3-63-64.

Сведения об авторах:

Вереникин Серафим Николаевич – студент, МГТУ имени Н.Э. Баумана, г. Москва;
Масленников Андрей Леонидович – ст. преп., МГТУ имени Н.Э. Баумана, г. Москва.