

УДК 629.7.05

Алгоритм решения задачи навигации для МКА с использованием данных измерений спутниковой навигационной системы и сети Петри

Фомичев Алексей Викторович

a.v.fomichev@bmstu.ru

SPIN-код: 1376-6200

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Предложен алгоритм решения задачи автономной навигации для малого космического аппарата с помощью измерений спутниковой навигационной системы. Процесс обработки данных, получаемых от навигационных спутников, для вычисления радиуса-вектора и вектора скорости МКА, реализован с использованием математического аппарата сетей Петри. Предложены способы повышения точности обработки результатов измерений при получении оценок положения и скорости МКА. Методами математического моделирования показано, что разработанное математико-алгоритмическое обеспечение является работоспособным.

Ключевые слова: автономная навигация, малый космический аппарат, спутниковая навигационная система, сети Петри

Введение. Процесс решения задачи навигации для малого космического аппарата (МКА) заключается в определении параметров орбитального движения, в том числе, текущего орбитального и углового положения МКА. Известны способы решения задачи навигации космических аппаратов, связанные с использованием разнообразных измерительных средств: наземных радиотехнических средств [1], бортовых измерительных средств — аппаратуры спутниковой навигации [2] или астронавигационных приборов [3].

Процедура решения задачи навигации имеет несколько вариантов. Например, возможно использовать измерения положения и скорости МКА, двух или трех положений МКА с их последующей обработкой [4]. Однако в этом случае увеличивается время на проведение измерений, так как они проводятся последовательно во времени.

В работе рассмотрен более эффективным подход для решения задачи навигации МКА, связанный с использованием измерительной информации, получаемой от навигационных спутников (НС), входящих в состав СНС [2]. В этом случае возможно практически в одно и то же время провести измерения и сразу же начать обработку их полученных результатов.

Методы и материалы; результаты. Поскольку между МКА и НС, измеряется дальность, то процедура определения текущего положения аппарата в навигационной геоцентрической экваториальной системе координат, подразумевает нахождение точек пересечения сферических поверхностей положения, соответствующих данному типу измерений. Координаты центров сфер совпадают с координатами НС, которые в данном случае являются известными.

Радиус-вектор МКА $\mathbf{r}$ определяется в результате решения системы из минимум трех нелинейных уравнений. В общем случае может быть использовано и более трех НС. Знание скоростей сближения между МКА и НС, которые также измеряются, позволяет найти результирующий вектор скорости МКА $\mathbf{V}$.

Процесс обработки данных измерений, получаемых от НС для вычисления проекций $\mathbf{r}$ и $\mathbf{V}$ МКА, в работе реализован с помощью применения математического аппарата сетей Петри.

С целью понижения влияния шумов АСН и повышения точности обработки результатов измерений в работе рассмотрен подход, связанный с увеличением числа наблюдаемых НС и применением двух вариантов обработки, которые предполагают либо усреднение результатов обработки отдельных минимальных комбинаций, полученных из наблюдений избыточного числа НС, либо решение переопределенной системы уравнений.

Разработанный алгоритм решения задачи навигации с использованием данных измерений НС был адаптирован для его практической реализации. Расчеты выполнялись с помощью программы, реализованной в системе Matlab.

Заключение. Рассмотренная на конкретном примере реализация алгоритма решения задачи навигации с использованием данных измерений навигационных спутников показала, что:

- предложенный алгоритм обработки измерительной информации, полученной от НС, с использованием сетей Петри является работоспособным;
- повышение точности оценки положения МКА связано с повышением точности измерения относительных расстояний и скорости между МКА и навигационными спутниками;
- выбор НС в минимальном наборе следует выполнять из условия обеспечения максимального объема многогранника, построенного на единичных радиусах-векторах этих НС.

Список источников

- [1] Брандин В.Н., Разоренов Г.Н. *Определение траекторий космических аппаратов*. Москва, Машиностроение, 1978, 216 с.
- [2] Крамлих А.В. *Использование спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и GPS для решения задач позиционирования и определения скорости космических аппаратов*. Самара, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королёва, 2011, 29 с.
- [3] Фомичев А.В. *Решение задачи навигации космических аппаратов на основе астронавигационных измерений*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011, 82 с.
- [4] Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. *Основы механики космического полета*. Москва, Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990, 448 с.