



наук. – 2018. – Т. 20, № 6(2). – С. 301-310.

6 Опасность и безопасность транспортных процессов / А.М. Якупов // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – № 4.

7 SMART CITY: Теории и практики создания умного города / А.С. Королев // Управление городом: теория и практика. – 2015. – № 4. – С. 19-23.

8 CityPulse Smart City Datasets. URL:
<http://iot.ee.surrey.ac.uk:8080/datasets.html>.

О.К. Головнин, В.Д. Мавлютов

АРХИТЕКТУРНАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ТРЕХКОНТУРНОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

(Самарский университет)

Разработка бытовых инерциальных навигационных систем (ИНС), традиционно применяемых в дорогостоящей технике ввиду своей сложности, в настоящее время может быть выполнена с использованием устройств, встраиваемых в современный смартфон [1–3]. Основным преимуществом ИНС при использовании в смартфонах является ее автономность, то есть возможность определять пространственное положение в условиях отсутствия спутникового сигнала GPS/ГЛОНАСС, что актуально в условиях плотной городской застройки или внутри помещений масштабных торгово-развлекательных центров [4, 5].

В настоящей работе предлагается трехконтурный подход к построению ИНС, интегрирующей данные акселерометра [6], гироскопа [7] и магнитометра [8] мобильных устройств (смартфонов, планшетов, ноутбуков и др.).

Разработанная архитектурная модель реализуемой ИНС представлена на рисунке 1.

Первый контур представляет собой аппаратное обеспечение системы и обеспечивает сбор исходных данных и их предобработку. Второй контур обеспечивает определение пространственного положения за счет обработки данных цифровыми вычислителями (процессорами). Третий контур представляет данные в виде пространственного положения во времени через механизм API, что позволяет на его основе строить различные приложения для мобильных устройств.

Сформируем математическую модель ИНС следующим образом. Данные, получаемые с помощью акселерометра, а именно ускорение по трем осям, представим в виде множества:

$$G = \{\{g(X), g(Y), g(Z)\}\},$$



где g_i – точка одного измерения в пространстве, $g_i \in G$.

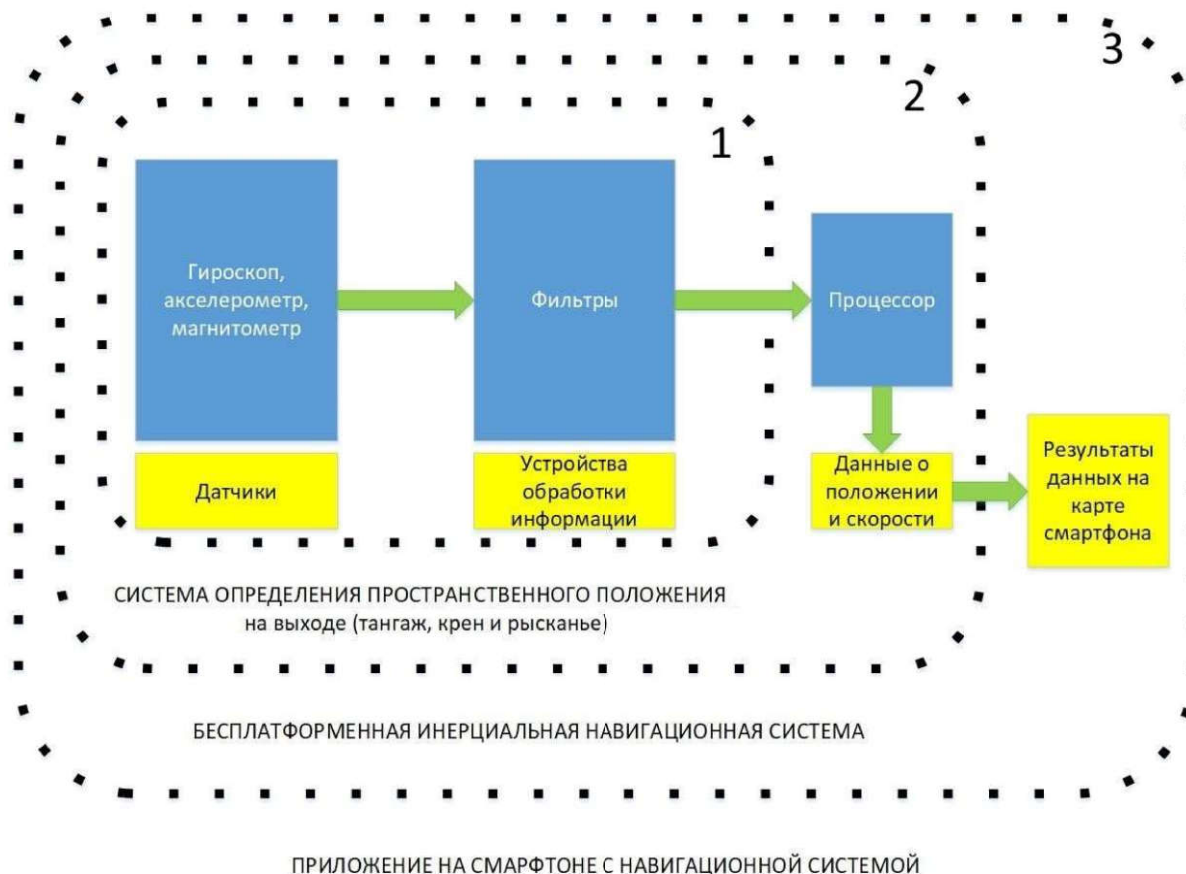


Рис. 1. Архитектурная модель ИНС

Данные, представляющие момент вращения ротора при изменении направления оси, определяемый гироскопом мобильного устройства, представим множеством:

$$M = \{ \langle m(X), m(Y), m(Z) \rangle \} ,$$

где m_i – измерение угловой скорости относительно оси симметрии, $m_i \in M$.

Данные, получаемые с помощью магнитометра, представим множеством:

$$T = \{ \langle t(X), t(Y), t(Z) \rangle \} ,$$

где t_i – индукция магнитного поля Земли в точке измерения, $t_i \in T$.

Результат обработки данных представим множеством точек $p_i \in P$ в пространстве координат WGS-84:

$$p_i = (lt, lg),$$

где lt – это широта;



lg – долгота.

Применим следующий подход к определению пройденного пути [9]: если ускорение известно, то после его интегрирования получим скорость, а после интегрирования скорости получим пройденное расстояние. Пусть a_N и a_E – ускорения по направлениям на север и восток, W_N и W_E – составляющие путевой скорости, S_N и S_E – пройденные расстояния по этим же направлениям. Тогда:

$$W_N = \int_0^t a_N dt; \quad W_E = \int_0^t a_E dt;$$
$$S_N = \int_0^t W_N dt; \quad S_E = \int_0^t W_E dt.$$

Примем следующее допущение: пусть поверхность Земли представляет собой сферу. Тогда широта φ и долгота λ (в радианах) могут быть определены как:

$$lt = lt_0 + \frac{1}{R} \int_0^t W_N dt; \quad lg = lg_0 + \frac{1}{R} \int_0^t \frac{W_N}{\cos(lt)} dt,$$

где R – радиус Земли,

lt_0, lg_0 – начальные координаты, получаемые с магнитометра.

Таким образом, предлагаемый подход позволит осуществлять автономную инерциальную навигацию в случаях, когда другие виды навигации недоступны. Последующая работа будет направлена на повышение точности навигации и сокращение влияния непреднамеренных перемещений устройства на конечный результат.

Литература

1 О возможности использования смартфонов для навигации внутри помещений / Б.В. Кошелев, Н.А. Карагин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – №9-2. – С. 131-140.

2 Применимость инерциальных систем навигации в мобильных устройствах / Н.А. Бутаков // International Journal of Open Information Technologies. – 2014. – Т. 2. – № 5. – С. 24-31.

3 Система преобразования пространственных данных навигационных устройств / В.А. Ключников, Л.А. Ключников, А.В. Сидоров, О.К. Головнин // Новые информационные технологии в научных исследованиях и в образовании: материалы всерос. конф. – Рязань: РГРТУ, 2014. – С. 243-244.

4 Формирование требований к бесплатформенной инерциальной навигационной системе на основе аппаратных и программных средств смартфона [Электронный ресурс] / В.Д. Мавлютов, О.К. Головнин // Математика. Компьютер.



Образование: тезисы докладов междунар. конф. – URL: <http://www.mce.su/rus/archive/abstracts/mce27/doc346396/>.

5 Автоматизированная система исследования транспортных путей / О.К. Головнин, А.Г. Паульс // Перспективные информационные технологии: труды междунар. конф. – Самара: СНЦ РАН, 2017. – С. 622-625.

6 Как работает акселерометр? Взаимодействие ADXL335 с Arduino [Электронный ресурс] // Radio Prog. – URL: <https://radioprogram.ru/post/751>.

7 MEMS-акселерометры и гироскопы – разбираемся в спецификации [Электронный ресурс] // Хабр. – URL: <https://habr.com/ru/post/431566/>.

8 Магнитометры: принцип действия, компенсация ошибок [Электронный ресурс] / М. Русских // Радиолюцман. – 2012. – URL: <https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=143960>.

9 Инерциальные навигационные системы. Принцип инерциального счисления пути [Электронный ресурс] // lektsii.org. – URL: <https://lektsii.org/18-56017.html>.

А.А. Еличкина, А.П. Котенко

ПОСТРОЕНИЕ МНОЖЕСТВА ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ НА ГРАФЕ С МУЛЬТИРАЗМЕТКОЙ РЕБЕР

(Самарский государственный технический университет)

Рассмотрим связный неориентированный граф $G(V,R)$ с неотрицательными разметками вершин и их пар

$$m_1 : V \rightarrow \mathbb{R}^+, m_2 : V \times V \rightarrow \mathbb{R}^+, V := \{v_i\}_{i=1}^{|V| \geq 2}$$

и неотрицательной мультиразметкой рёбер

$$\vec{d}(d_1, \dots, d_m) : R \rightarrow \mathbb{R}^+ \times \dots \times \mathbb{R}^+, R := \{r_i\}_{i=1}^{|R| \geq 1}.$$

В задаче транспортной логистики $m_1(u)$ – текущий запас однородного груза в вершине u , $m_2(u, v)$ – количество груза для доставки из вершины u в вершину v , $d_1(r)$ – цена перевозки единицы груза по ребру r , $d_2(r)$ – пропускная способность ребра r . Если груз взаимозаменяемый, то можно часть груза не вывозить из вершины, если её придётся компенсировать доставкой груза из другой вершины. Минимизируется сумма расходов на доставку всего груза по назначению с учётом пропускной способности рёбер.

Рассмотрим симметрические матрицы [1]:

$$A := \|a_{ij}\|_{i,j=1}^{|V|} \text{ – смежности вершин;}$$

$$B := \|b_{ij}\|_{i,j=1}^{|V|} \text{ – оптимальных расстояний } b_{ij} \in \mathbb{R}^+ \text{ между вершинами } v_i, v_j;$$