

# Определение местоположения по сигналам акселерометра

*Макаров М. В.*

Мы рассматриваем задачу определения местоположения человека по данным акселерометра телефона и другим вспомогательным данным. Уже существуют некоторые методы решения данной задачи [1]. В данной статье акцент делается на использовании дополнительной информации, например сигналов гироскопа или магнетометра, для повышения точности.

## 1 Введение

В данной работе рассматривается задача определения местоположения человека по данным акселерометра его телефона. Данная задача актуальна как часть более общей проблемы определения местоположения. Поскольку акселерометры энергоэффективны и не требуют для работы наличие внешних устройств, таких как спутник или радиоточка, точные методы решения этой задачи востребованы.

В силу того, что акселерометры, используемые в мобильных устройствах, неточны, и наивное решение поставленной задачи путём двойного интегрирования даёт путь, значительно отклоняющийся от истинной траектории. В [1] эта проблема решается использованием информации о том, где находится телефон во время перемещения человека.

Местоположение также можно определить, используя данные других датчиков, таких как магнитометр [2] и гироскоп [3].

В данной работе рассматривается метод, опирающийся как на априорные знания о положении телефона, так и на данные с магнитометра и гироскопа. Это позволяет использовать фильтр Маджвика для предобработки сигналов. После чего для вычисления скорректированных значений вектора ускорения используется метод PLS.

## 2 Постановка задачи

Данные с датчиков представляются виде временного ряда  $s = \{(\mathbf{c}(t), \mathbf{r}(t), \mathbf{b}(t)) | t \in T\} \in \mathbb{R}^{9T} = \mathbb{X}$ , составленного из показаний акселерометра, гироскопа и магнитометра по 3 координатам, где  $T = \{t_1, \dots, t_m\}$  — множество моментов в которые проводились измерения. Аналогично, ряд истинных положений объекта имеет вид  $y \in \mathbb{R}^{3T} = \mathbb{Y}$ . Обозначим через  $\mathbf{X} = \{s_i | i \in \mathcal{I}\}$  матрицу всех рядов выборки, а через  $\mathbf{y} = \{y_i | i \in \mathcal{I}\}$  — матрицу положений объекта в соответствующие моменты времени.

Предполагается, что

- В момент времени  $t_1$  базис системы отсчёта объекта совпадает с системой отсчёта, относительно которой происходят измерения перемещения.
- Погрешности измерений  $\mathbf{c}_i(t)$ ,  $\mathbf{r}_i(t)$ ,  $\mathbf{b}_i(t)$  независимы и имеют нулевое матожидание.
- Каждый элемент выборки был получен при фиксированном расположении смартфона на теле человека — в сумке, в руке, на теле или на ноге — соответственно классы  $P = \{0, 1, 2, 3\}$ .

Требуется найти такую модель

$$f : \mathbb{X} \rightarrow \mathbb{Y}, f(s) = \hat{y}$$

что среднеквадратичная функция ошибки

$$S(\hat{\mathbf{y}}, \mathbf{y}) = \frac{1}{|\mathcal{I}|} \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{t \in T} \|y_i(t) - \hat{y}_i(t)\|^2$$

минимальна.

В данной работе рассматриваются модели следующего вида: с помощью фильтра Маджвика  $M$  получается ряд сглаженных значения вектора ускорения,  $M(s) = \hat{c}$ , после чего с помощью вспомогательной модели  $g : \mathbb{X} \rightarrow P, g(\hat{c}) = p$  определяется, к какому классу расположения относится данная траектория. После чего используется модель  $f_p(\hat{c}) = \tilde{c}$  дальнейшего уточнения вектора ускорения. Наконец, ускорения  $\tilde{c}$  дважды интегрируются для получения оценки  $\hat{y}$ . Обозначим это преобразование за  $I$ . Для моделей  $f_p, g$  используется метод опорных векторов.

Таким образом, определяя  $\tilde{f}(s) = I(f_{g(M(s))}(M(s)))$  формальная постановка задачи такова:

$$\mathbf{f}^* = \arg \min_{g, f_1, \dots, f_3} S(\tilde{f}(\mathbf{X}), \mathbf{y})$$

### 3 Базовый алгоритм

В качестве базового алгоритма рассматривается численное интегрирование сигнала акселерометра без фильтрации сигнала в предположении, что ориентация смартфона не меняется во времени, то есть

$$f(s)(t_i) = \sum_{j=2}^i \left( \sum_{k=2}^{j-1} \mathbf{c}_k(t_k - t_{k-1}) + \frac{1}{2} \mathbf{c}_j(t_j - t_{j-1}) \right) (t_j - t_{j-1}), f(s)(t_1) = 0.$$

Как известно, интегрирование даёт неточный результат на шумном входе.

Более точный алгоритм предложен в [1].

### Литература

- [1] Hang Yan, Qi Shan, and Yasutaka Furukawa. Ridi: Robust imu double integration. *CoRR*, abs/1712.09004, 2017.
- [2] W. Kang and Y. Han. Smartpdr: Smartphone-based pedestrian dead reckoning for indoor localization. *IEEE Sensors Journal*, 15(5):2906–2916, May 2015.
- [3] Jian Kuang, Xiaoji Niu, and Xingeng Chen. Robust pedestrian dead reckoning based on mems-imu for smartphones. *Sensors*, 18(5), 2018.