

# Определение местоположения по сигналам акселерометра

Зайнулина Э. Т., Киселёва Е. А., Фатеев Д. А., Божедомов Н., Протасов В.

Abstract—Системы внутреннего и наружного позиционирования играют важную роль в современном мире. Задача определения места положения хорошо решена Глобальными системами позиционирования (GPS); однако, не всегда есть возможность воспользоваться ими.

В данной статье предложен метод увеличения точности отслеживания человека по сигналам акселерометра, гироскопа и магнитометра.

Чтобы увеличить точность и уменьшить время вычислений, мы используем модель PDR (pedestrian dead reckoning). Так как данные неизбежно собираются с некоторым шумом, применяем фильтр Калмана. Задача исследования ставится в терминах Projection to Latent Spaces, т.к. восстановление траектории происходит целиком, а не от точки к точке.

Index Terms—PDR, PLS, Position system, User location.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Определение местонахождения человека чрезвычайно важная задача. Мы пользуемся системами GNNS, чтобы не потеряться в городе или добраться до соседнего, обеспечить безопасность в толпе, координировать действия рабочих. Но GNNS определяет местоположение в здании неточно.

Методы основанные на сигналах WiFi, Bluetooth, UWB [7][12] требуют дополнительной информации: карты помещения или набора ключевых точек. Это не всегда удобно или даже реализуемо.

С другой стороны сейчас у каждого человека в кармане целый арсенал средств для ориентирования в пространстве. Все спрятано в наших смартфонах: акселерометр, гироскоп, магнитометр. В нашей работе мы предлагаем восстанавливать полную траекторию по сигналам этих датчиков, используя модель PDR, избавляясь от зашумленности с помощью фильтра Калмана.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

### A. Модель

$$f: X \rightarrow Y$$

$X \in R^{N \times T}$  - матрица признаков, составленная из векторов, сопоставленных каждому временному ряду:  $s(l) \in R^N$

$Y \in R^{2 \times T}$  - траектория пешехода

$y(t)$  - строки матрицы  $Y$ , временные ряды, описывающие изменения глобальных координат пешехода во времени.

Научный руководитель: Стрижов В.В. Консультант: Мотренко А.

### B. Подзадачи

- 1) Определение класса местоположения датчика: рука, нога, сумка, тело.
- 2) Предсказании траектории на основе полученного класса

$$f \rightarrow f_1 f_2$$

$$f_1: X \rightarrow P = \{0, 1, 2, 3\}$$

$$f_2: X, P \rightarrow Y$$

### C. Методы

Используем метод опорных векторов для классификации и регрессии.

Минимизируем  $S(w|f, X, Y)$ :

$$\min_{w, w_0} S(w, w_0) = \|w\|^2 + C \sum_i \xi_i$$

$$\text{subject to } y_i(w^T x_i + w_0) \geq 1 - \xi_i$$

$$\xi_i \geq 0 \quad \forall i$$

$S(w, w_0)$  - штраф за суммарную ошибку.

### D. Оценка качества модели

Используем критерий суммы квадратов отклонений предсказанных координат от истинных, корреляция между предсказанной и истинной траекториями пешехода.

$$w^* = \arg \min_w S(w|f, X, Y).$$

## III. БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ

- Чтобы устранить зашумленность данных применяем Гауссовское сглаживание для 6 каналов гиростабилизатора и 2 скоростных каналов. Полученные скорости преобразуем в вектор признаков.
- Строим матрицу признаков  $X$ .
- С помощью матрицы  $X$  и SVM-классификатора определяем, где находится датчик. (Рука, нога, сумка, тело).
- Для каждого класса обучаем 2 SVMR-регрессора. Первый определяет скорости движения человека в разные промежутки времени. Но эти результаты имеют ошибку из-за неточности датчиков гироскопа, акселерометра. Решаем задачу минимизации этой ошибки.

$$\min_{\{x_I^1, x^5 1_I, \dots\}} V_{bias} = \min_{\{x_I^1, x^5 1_I, \dots\}} \sum_{f \in F_2} \|v_C^F - v_R^f\| + \lambda \sum_{f \in F_1} \|x_I^f\|^2,$$

$$v_C^f = R_{SW}^f \sum_{f'=1}^f R_{WI}^{f'}(a_I^{f'} + x_I^{f'}),$$

где  $f$  - единица блока выборки,  $F$  - блок выборки,  $v_C^f$  - скорректированное значение скорости,  $v_R^f$  - предсказанное значение скорости,  $I$  - система координат устройства,  $W$  - глобальная система координат,  $S$  - IMU-стабилизированная система координат,  $R_{AB}$  - матрица перехода из системы координат  $B$  в систему координат  $A$ .  
Второй предсказывает угловые скорости.

- По полученным скоростям восстанавливаем траекторию пешехода.
- Алгоритм:

Require:  $X, Y_{class}, Y, X_{test}$

```

1: initialize classifier_options
2: classifier = SVMClassifier(classifier_options);
3: classifier.fit(X, Y_class)
4: for cls in classes: do
5:   initialize regressor_cls_options
6:   regressor_cls = SVRRegressor(regressor_cls_options)
7:   regressor_cls.fit(X[X[ind]
   cls], Y[Y[ind] ∈ cls])
8: end for
9: Y_test-class = classifier.predict(X_test)
10: for cls in classes: do
11:   Velocity_cls = regressor_cls.predict(X_test[Velocity_class[ind]
   cls])
12:   x_I^1, x_I^5, ..., x_I^5 = {x_I^1, x_I^5, ..., x_I^5} V_bias_cls
13:   Velocity_cls = R_SW^f ∑_{f'=1}^f R_WI^{f'}(a_I^{f'} + x_I^{f'})
14:   Trajectory_cls recovery depending on Velocity_cls
15: end for
16: return Full_trajectory
```

#### IV. БАЗОВЫЙ ЭСПЕРИМЕНТ

#### V. ВЫВОДЫ

TABLE I

An Example of a Table

One	Two
Three	Four

#### VI. CONCLUSIONS

#### ACKNOWLEDGMENT

#### References

- [1] G. O. Young, "Synthetic structure of industrial plastics (Book style with paper title and editor)," in *Plastics*, 2nd ed. vol. 3, J. Peters, Ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 1564.
- [2] W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems* (Book style). Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123135.
- [3] H. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*. New York: Springer-Verlag, 1985, ch. 4.

- [4] B. Smith, "An approach to graphs of linear forms (Unpublished work style)," unpublished.
- [5] E. H. Miller, "A note on reflector arrays (Periodical style~Accepted for publication)," IEEE Trans. Antennas Propagat., to be published.
- [6] J. Wang, "Fundamentals of erbium-doped fiber amplifiers arrays (Periodical style~Submitted for publication)," IEEE J. Quantum Electron., submitted for publication.
- [7] C. J. Kaufman, Rocky Mountain Research Lab., Boulder, CO, private communication, May 1995.
- [8] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interfaces(Translation Journals style)," IEEE Transl. J. Magn.Jpn., vol. 2, Aug. 1987, pp. 740741 [Dig. 9th Annu. Conf. Magnetics Japan, 1982, p. 301].
- [9] M. Young, *The Technical Writers Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [10] J. U. Duncombe, "Infrared navigation~Part I: An assessment of feasibility (Periodical style)," IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-11, pp. 3439, Jan. 1959.
- [11] S. Chen, B. Mulgrew, and P. M. Grant, "A clustering technique for digital communications channel equalization using radial basis function networks," IEEE Trans. Neural Networks, vol. 4, pp. 570578, July 1993.
- [12] R. W. Lucky, "Automatic equalization for digital communication," Bell Syst. Tech. J., vol. 44, no. 4, pp. 547588, Apr. 1965.
- [13] S. P. Bingulac, "On the compatibility of adaptive controllers (Published Conference Proceedings style)," in Proc. 4th Annu. Allerton Conf. Circuits and Systems Theory, New York, 1994, pp. 816.
- [14] G. R. Faulhaber, "Design of service systems with priority reservation," in Conf. Rec. 1995 IEEE Int. Conf. Communications, pp. 38.
- [15] W. D. Doyle, "Magnetization reversal in films with biaxial anisotropy," in 1987 Proc. INTERMAG Conf., pp. 2.2-12.2-6.
- [16] G. W. Juette and L. E. Zeffanella, "Radio noise currents n short sections on bundle conductors (Presented Conference Paper style)," presented at the IEEE Summer power Meeting, Dallas, TX, June 2227, 1990, Paper 90 SM 690-0 PWRS.
- [17] J. G. Kreifeldt, "An analysis of surface-detected EMG as an amplitude-modulated noise," presented at the 1989 Int. Conf. Medicine and Biological Engineering, Chicago, IL.
- [18] J. Williams, "Narrow-band analyzer (Thesis or Dissertation style)," Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, 1993.
- [19] N. Kawasaki, "Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow," M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan, 1993.
- [20] J. P. Wilkinson, "Nonlinear resonant circuit devices (Patent style)," U.S. Patent 3 624 12, July 16, 1990.