

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО ПЕШЕХОДНОГО ТРЕКЕРА ДЛЯ ОРИЕНТАЦИИ В АРКТИКЕ ПРИ ПОТЕРЕ GPS-СИГНАЛА

Яковлев Б.С.¹

Научный руководитель - инженер Власова М.А.¹

¹АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», г. Санкт-Петербург
borya.yakovlev.09@mail.ru

Введение

Современное освоение Арктики сопровождается увеличением числа экспедиций и продолжительности пребывания человека в высоких широтах. При этом традиционные средства навигации демонстрируют свою непригодность в экстремальных условиях: спутниковые системы работают нестабильно или полностью отключаются, а магнитные компасы вблизи Северного полюса дают критическую погрешность из-за особенностей магнитного поля Земли. Анализ отечественного и зарубежного опыта [1, 2] показывает, что наиболее перспективным направлением является создание автономных навигационных устройств на основе метода пешеходного счисления пути (Pedestrian Dead Reckoning, PDR). Данный метод использует естественную модель ходьбы человека, что позволяет значительно снизить вычислительную сложность и минимизировать накопление ошибок по сравнению с классической инерциальной навигацией [3]. Целью настоящей работы является разработка концепции и создание действующего прототипа пешеходного трекера, позволяющего полярнику отслеживать свой маршрут и находить обратный путь к базе в условиях нулевой видимости и отсутствия спутникового сигнала.

Основная часть

Предлагаемое решение основано на алгоритме PDR, реализуемом тремя последовательными этапами. На первом этапе акселерометр фиксирует характерные пики ускорения, возникающие при каждом шаге. Для исключения ложных срабатываний вводится временная задержка между регистрацией шагов. На втором этапе гироскоп измеряет угловую скорость поворота вокруг вертикальной оси; интегрируя эти данные, система определяет направление каждого шага относительно точки старта. Отказ от использования магнитометра обусловлен нестабильностью магнитного поля в высоких широтах [4]. На третьем этапе на основе известной длины шага и направления вычисляются текущие координаты.

Для проверки предложенного подхода был собран лабораторный макет устройства на базе микроконтроллера Arduino Nano и инерциального модуля MPU-6050, объединяющего трёхосевой акселерометр и трёхосевой гироскоп. Информация о текущих координатах, расстоянии до старта и направлении возврата выводилась на жидкокристаллический дисплей 1602 с I2C-интерфейсом. Выбор компонентов обусловлен их доступностью, низким энергопотреблением и простотой интеграции.

Программная реализация алгоритмов на языке C++ в среде Arduino IDE позволила в реальном времени обрабатывать данные с датчиков, детектировать шаги, интегрировать угловую скорость и обновлять координаты. В непрерывном цикле измерений вычислялась магнитуда полного ускорения; при превышении эмпирически подобранного порога регистрировался шаг. Угол направления движения определялся путём суммирования угловой скорости, умноженной на интервал времени между измерениями. Координаты пересчитывались с использованием тригонометрических соотношений при фиксированной длине шага 0,7 м. На экран выводились значения координат с одним

знаком после запятой и рассчитанное направление на точку старта с приведением отрицательных углов к диапазону 0–360°.

Новизна предложенного подхода заключается в комплексном учёте специфики арктических условий: отказ от магнитного компаса, использование гироскопа в качестве основного датчика курса, адаптация алгоритмов под ограниченные вычислительные ресурсы микроконтроллера при сохранении приемлемой точности для коротких маршрутов.

Выводы

В ходе тестирования прототипа на серии контрольных маршрутов были получены следующие результаты. При прямолинейном движении на 10 метров погрешность составила 2%. При движении по квадрату 5×5 метров с возвратом в исходную точку погрешность замкнутости траектории составила 7%. При выполнении поворота на 90 градусов гироскоп зафиксировал угол 87 градусов (погрешность 3,3%). Полученные данные подтверждают, что для коротких маршрутов (до 50 метров) погрешность системы не превышает 5–10%, что является приемлемым показателем для практического использования в аварийных ситуациях.

Таким образом, в ходе работы был создан действующий прототип автономного навигационного устройства, решающего задачу ориентации пешехода в условиях Арктики без использования спутниковых сигналов и магнитного компаса. Экспериментально подтверждена работоспособность метода пешеходного счисления пути PDR при реализации на доступной элементной базе. Практическое использование результатов предполагает оснащение полярных экспедиций подобными устройствами в качестве резервного средства навигации. Дальнейшее развитие проекта предполагает борьбу с дрейфом гироскопа путём применения алгоритмов сенсорного слияния (например, фильтра Калмана), адаптивную подстройку длины шага под конкретного пользователя, а также создание версии для мобильных устройств с развитым графическим интерфейсом, включающим отображение трека на карте, отметки точек интереса и кнопку аварийного вызова.

Литература

1. Pratama A.R., Hidayat R. Pedestrian Dead Reckoning Using Smartphone Sensors: A Review // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — Vol. 1845. — 012040. — URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1845/1/012040>
2. Harle R. A Survey of Indoor Inertial Positioning Systems for Pedestrians // IEEE Communications Surveys & Tutorials. — 2013. — Vol. 15, No. 3. — P. 1281–1293. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6399520>
3. Pedestrian dead reckoning for MARG navigation using a smartphone // EURASIP Journal on Advances in Signal Processing. — 2014. — Vol. 2014, Art. 65. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/1687-6180-2014-65>
4. Павлов А.К., Соколов А.В. Магнитное поле Земли в приполярных областях и его влияние на работу навигационных систем // Геомагнетизм и аэрономия. — 2020. — Т. 60, № 3. — С. 345–353.