基于.NET 7 MAUI 的 PDR 跨平台软件设计

位置服务与实践答辩

1 组-崔宇璐 周天晨 陶安博

Department of Navigation Engineering
Wuhan University

2023 年 4 月 20 日

大纲

Overview

Overview

航迹推算是依靠状态增量和姿态信息实现的无源导航手段. 在二维平面上的航迹推算常常采用**行人航迹推算 (Pedestrian Dead Reckoning, PDR)**, 其递推数学原理如下:

$$\begin{cases} E_k = E_{k-1} + \hat{s}_{k-1,k} \cdot \sin \psi_{k-1} \\ N_k = N_{k-1} + \hat{s}_{k-1,k} \cdot \cos \psi_{k-1} \end{cases} \tag{1}$$

式中 $(E_k, N_k)^T$ 是当前时刻平面位置, $(E_{k-1}, N_{k-1})^T$ 是前一时刻平面位置, $\hat{s}_{k-1,k}$ 是从前一时刻迈向后一时刻的**步长**, ψ_{k-1} 是上一时刻**航向**角.

PDR 流程

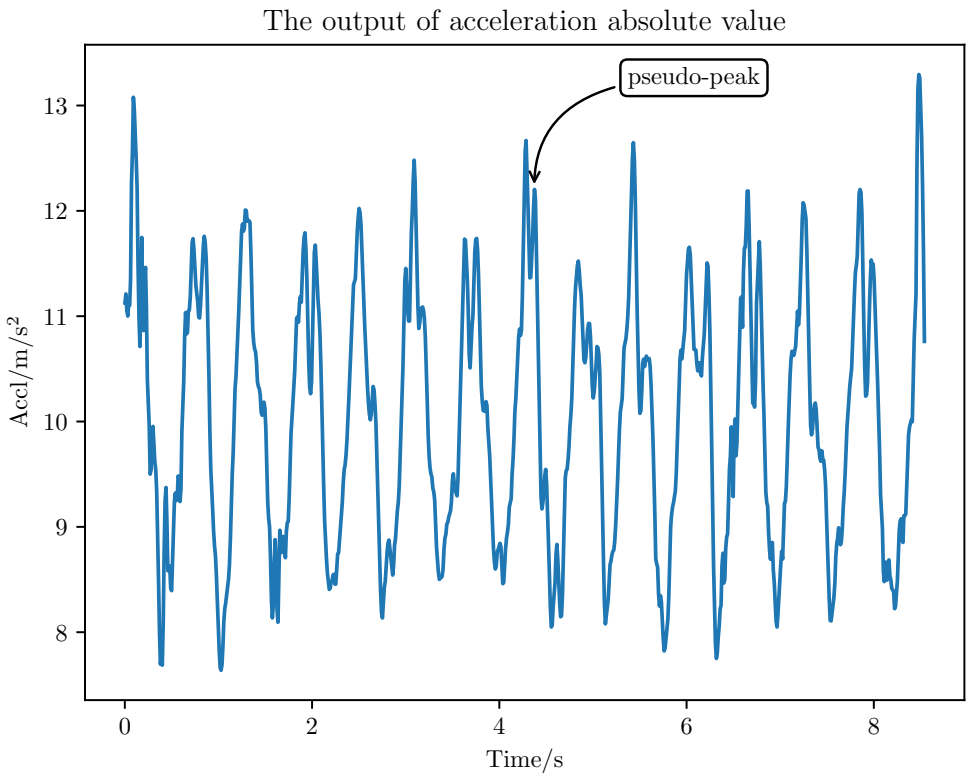
$t_k - t_{k-1}$

$\hat{s}_{k-1,k}$

ψ_{k-1}

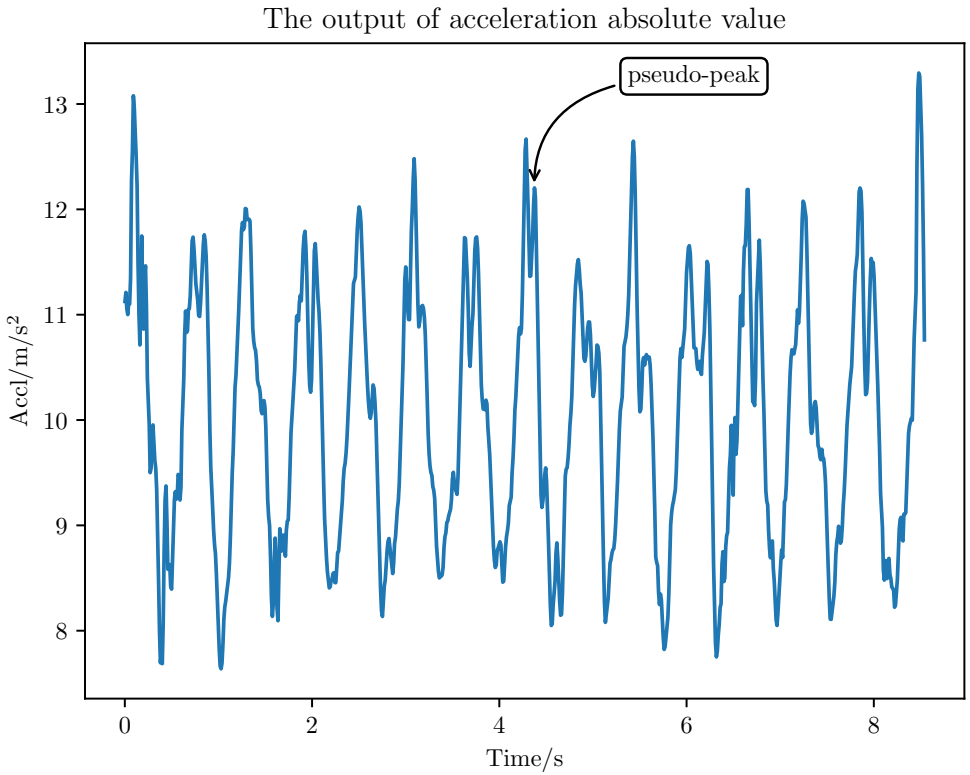
手机持平姿态下的步伐探测

- 我们的实验在平坦地形、手机持平、步频稳定的条件下进行
- 在这种实验条件下，加速度计测量值呈周期往复的正弦波形[1]



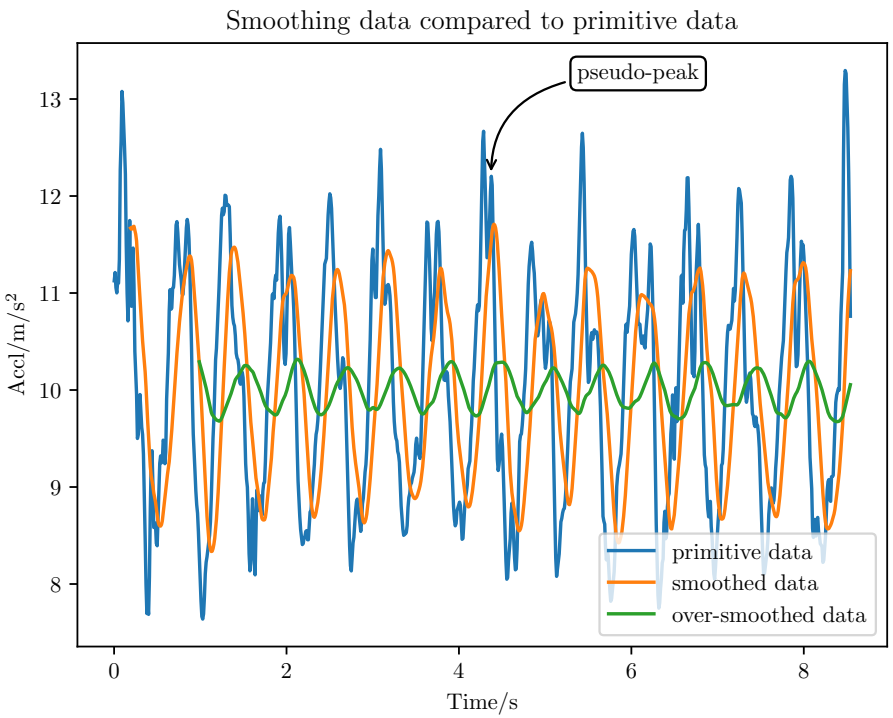
基于峰值探测的步伐探测

- 峰值探测（Peak Detection）利用行人连续行走的周期性进行计数
- 然而，伪峰值（pseudo-peak）限制了峰值探测的精度



滑动窗口平均

- 可以采用滑窗滤波的方法来削弱多峰值的现象[2]
- 这种方法较为普遍，算法简单
- 缺点是会使数据丢失特性



$$a(k) = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (2)$$

$$\bar{a}(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=k-N+1}^{k} a_c(i) \quad (3)$$

步伐探测

- 设置加速度计阈值，以谷值为基准，若谷值小于阈值，则加入候选
- 设置时间阈值，若两探测信号之间的时间小于阈值，则不予探测成功

$$\begin{cases} (a_k - a_{k-1})(a_{k+1} - a_k) < 0, \\ t_k - t_{k-1} > TH_t, \\ a_k < TH_a \end{cases} \rightarrow \text{is step} \tag{4}$$

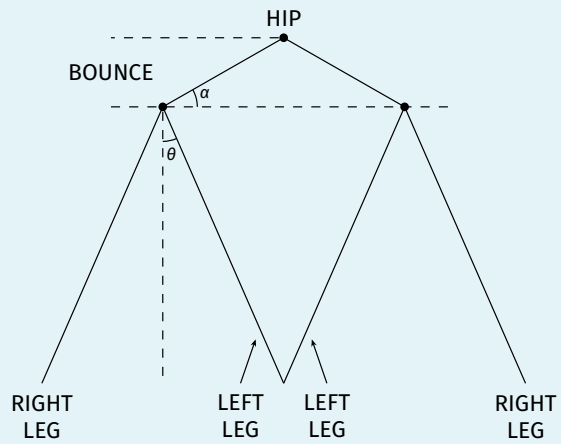
步长估计

- 对于同一个人，行走时的步长会有 ±40% 的差异，且依赖于行走的速度
- 对于不同个体，步长依赖于腿长
- 因此设置常值步长会造成低精度

步长估计经验模型模型[3]

$$SL \approx \sqrt[4]{a_{peak} - a_{valley}} \times K$$

式中 a_{peak} 为加速度计峰值，a_{valley} 为对应谷值，K 为待确定的单位转换参数



航向估计

移动设备的航向被定义为设备坐标系和参考坐标系之间的相对朝向关系

如果选择磁强计数据来计算航向, 流程如下:

① $\boldsymbol{m}^{n_\ell} = \boldsymbol{C}_b^{n_\ell}\boldsymbol{m}^b$,

② $\psi_{m'} = -\text{atan}_2(m_y^{n_\ell}, m_x^{n_\ell})$,

③ $\psi_m = \psi_{m'} + D$, 式中 D 为磁偏角.

可以通过国际地磁参考场 (IGRF) 模型获取磁偏角。

航向估计

如果选择陀螺仪数据来计算航向, 流程如下:

① 直接计算垂向角速度增量 $\omega_D = [-\sin\theta, \sin r\cos\theta, \cos r\cos\theta]\boldsymbol{\omega}_{ib}^{b}$,

② $\Delta\psi = \int \omega_D \, dt$,

③ $\psi_k = \psi_{k-1} + \Delta\psi$.

此处的陀螺仪输出视为与时间无关的常量, 那么 $\Delta\psi = \omega_D \Delta t$。

Overview

中国地图偏移问题

- 中国 GPS 偏移问题由 GCJ-20 和 WGS-84 基准面不同导致。GPS 定位采用的坐标系为 WGS-84，投影至以 GCJ-02 坐标系为基准的街景地图后，会产生非常大（有时超过 500 m ）的偏移。
- Google Maps 选取 GCJ-02 坐标系作为街景图的参考系，而卫星影像图仍采用 WGS-84，所以会导致如左图所示偏移问题。

WGS-84 和 GCJ-02 坐标系转换 I

经纬度的改正值公式如下[4]：

$$
\begin{aligned}
\varphi' &= -100 + 2x + 3y + 0.2y^2 + 0.1xy + 0.2\sqrt{|x|} \\
&\quad + \frac{2}{3}\left\{[20\sin 6\pi x + 20\sin 2\pi x] + \left[20\sin \pi y + 40\sin\left(\frac{\pi y}{3}\right)\right]\right. \\
&\quad \left. + \left[160\sin\left(\frac{\pi y}{12}\right) + 300\sin\left(\frac{\pi y}{30}\right)\right]\right\}, \\
\lambda' &= 300 + x + 2y + 0.1(x^2 + xy) + 0.1\sqrt{|x|} \\
&\quad + \frac{2}{3}\left\{[20\sin 6\pi x + 20\sin 2\pi x] + \left[20\sin \pi x + 40\sin\left(\frac{\pi x}{3}\right)\right]\right. \\
&\quad \left. + \left[150\sin\left(\frac{\pi x}{12}\right) + 300\sin\left(\frac{\pi x}{30}\right)\right]\right\}.
\end{aligned}
$$

其中

$$
\begin{cases}
x = \varphi - 105.0, \\
y = \lambda - 35.0.
\end{cases}
$$

WGS-84 和 GCJ-02 坐标系转换 II

之后计算固定值 $(\varphi_{\text{fix}}, \lambda_{\text{fix}})$:

$$\varphi_{\text{fix}} = \frac{180\varphi'}{\pi} \cdot \frac{W^3}{a(1-e^2)},$$

$$\lambda_{\text{fix}} = \frac{180\lambda'}{\pi} \cdot \frac{W\cos(\text{D2R}(\varphi'))}{a},$$

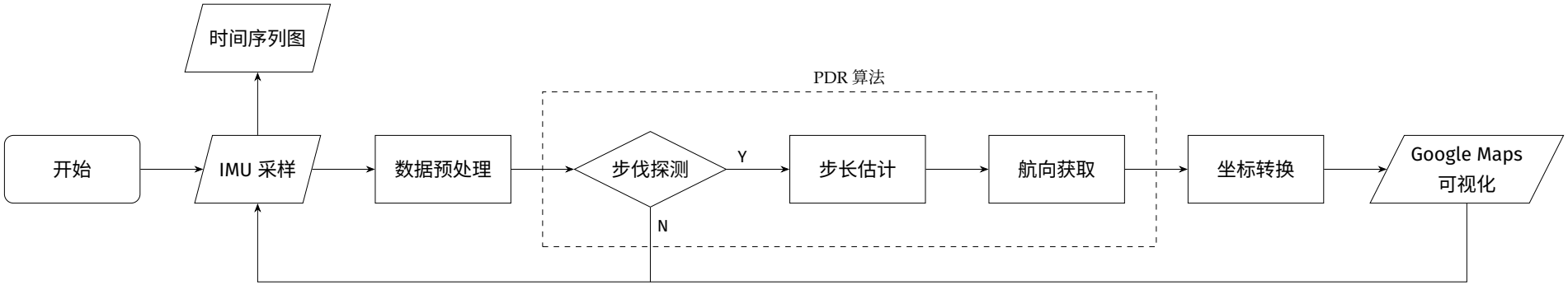
式中 $W = \sqrt{1 - e^2 \sin(\varphi')}$, a 为地球长半径, e 为第一偏心率。

Overview

Overview

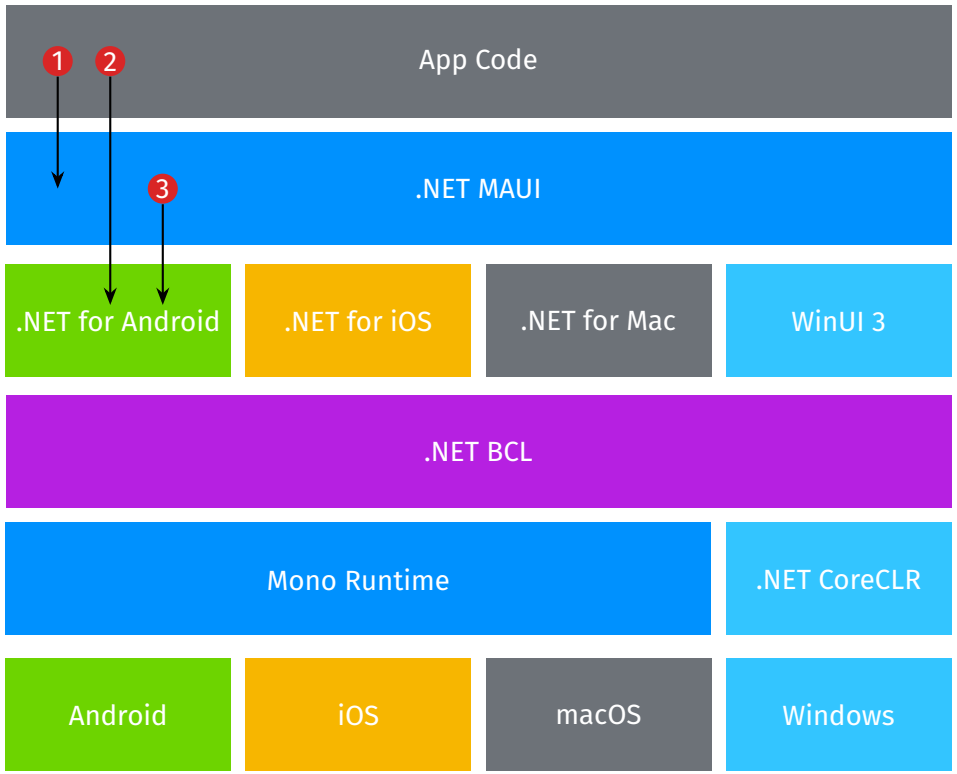
Overview

- 移动端传感器接口：访问设备传感器 并进行时间序列图绘制
- 算法程序设计
- Google Maps 接口：申请 key 和数据映射



.NET 7 MAUI 框架

- 程序特色所在
- 是一个跨平台框架，使用 C# 和 XAML 创建移动和桌面应用
- 同一份代码可以在安卓、iOS、macOS 和 Windows 平台运行



采取 MAUI 框架的理由

- 微软详尽的学习文档、良好的社区氛围
- 强大的集成能力，实现对接口的统一调用
- 减少学习成本（Kotlin），便于分工合作

	MAUI	Compose	原生框架
语言	C#、XAML	Kotlin	Java
平台	Cross-Platform	Android	Android
特点	跨平台、一份代码库、高效	去 XML、自动检测页面更改	方便调用 Android 原生 API

Overview

软件实现的主要功能如下：

- 对三轴加速度计、陀螺仪、磁强计的数据进行实时监测
- 对传感器数据进行实时的时间序列图绘制，可实现数据保存和分享
- 可以获取定位，并告知用户经纬度
- 可以在 Google Maps 中展示 PDR 推算轨迹

实现的方法如下：

- 使用 `public void ToggleAccelerometer()` 方法对加计进行监听
- 利用第三方控件 `Syncfusion.Maui.Charts` 进行时间序列图展示
- ```
  public static Task<Location?> GetLocationAsync (GeolocationRequest
  ↪  request, CancellationToken cancelToken);
  ```

  参数 `request` 表示确定设备位置时要使用的条件，`cancelToken` 表示用于取消操作的令牌。
  ```

功能：

- 实时监测
- 实时绘制
- 数据清除
- 数据导出

功能：

- GPS 定位结果
- PDR 路线绘制
- 步长设置
- 视图切换

Overview

PDR

- 底层采用 C# 语言编写
- 设计了 `class DeadReckoning`，其中包含航迹推算算法
- 设计了 `class DeadReckoningMeasurement`，用于储存观测值

函数成员

```
public class DeadReckoning
{
  public Vector2 GetCurrentCoord(DeadReckoningMeasurement measurement);
  public double GetSmoothedAccelerationData(int size, double
  ↪  acceleration);
  private bool StepDetect(double acceleration);
}
```

Google Maps API

地图名	范围	精度	偏移问题	API 和 SDK	
				申请	使用
Google Maps	全球	最高	存在	不便	文档详尽、接口丰富
Bing Maps	全球	次之	存在	不便	微软出品
高德地图	中国地区	略低	无偏移	方便	接口单一

以 Google Maps 和高德地图为例，在 Android SDK 方面，高德地图只提供了 Java 代码的旧框架示例代码，而 Google Maps 对新的 Jetpack Compose 框架和微软的 MAUI 框架都有良好的支持。

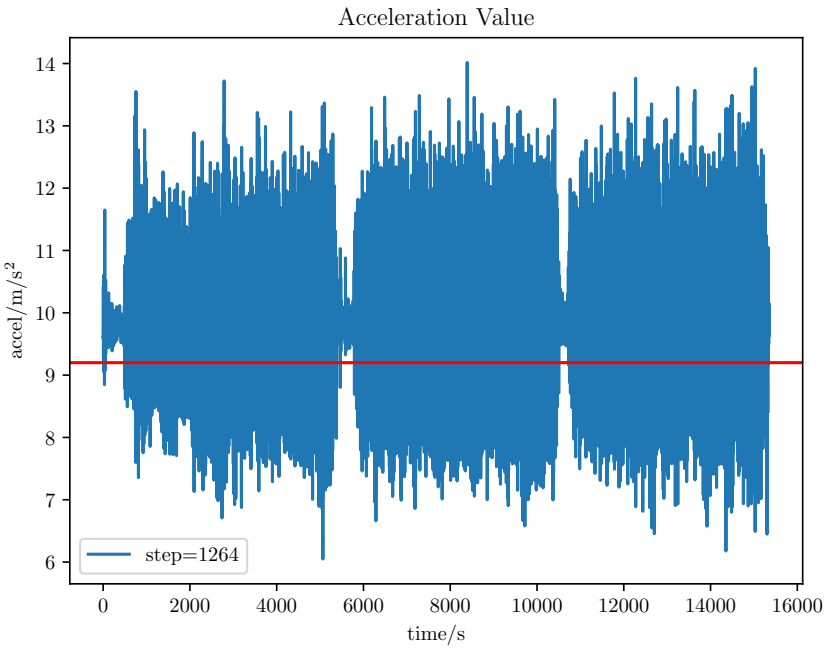
Google Maps 使用

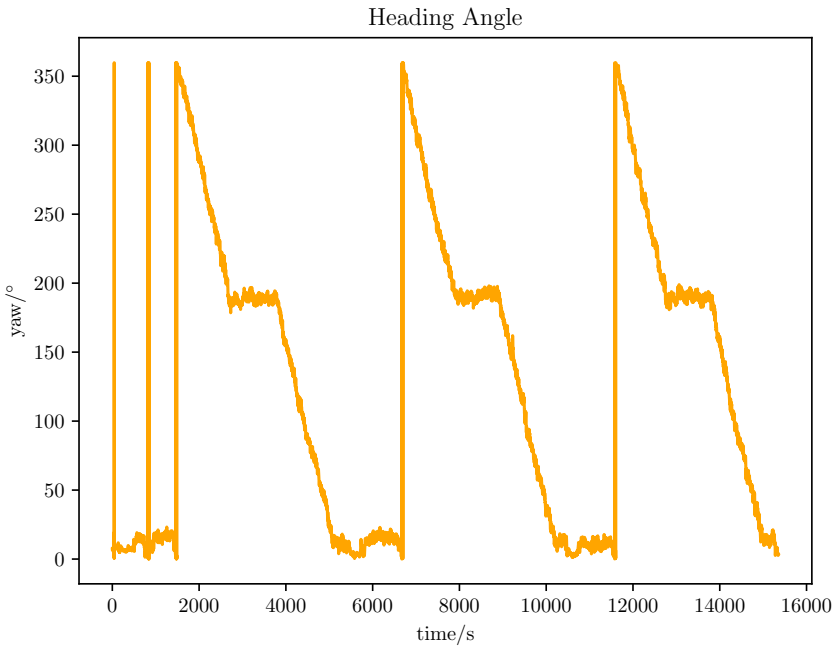
添加线段

```
Map map = new Map();
// 实例化一个线段
Polyline polyline = new Polyline
{
    StrokeColor = Colors.Blue,
    StrokeWidth = 12,
    Geopath =
    {
        new Location(47.6381401, -122.1317367),
        new Location(47.6381473, -122.1350841)
    }
};
// 添加线段到地图
map.MapElements.Add(polyline);
```

Overview

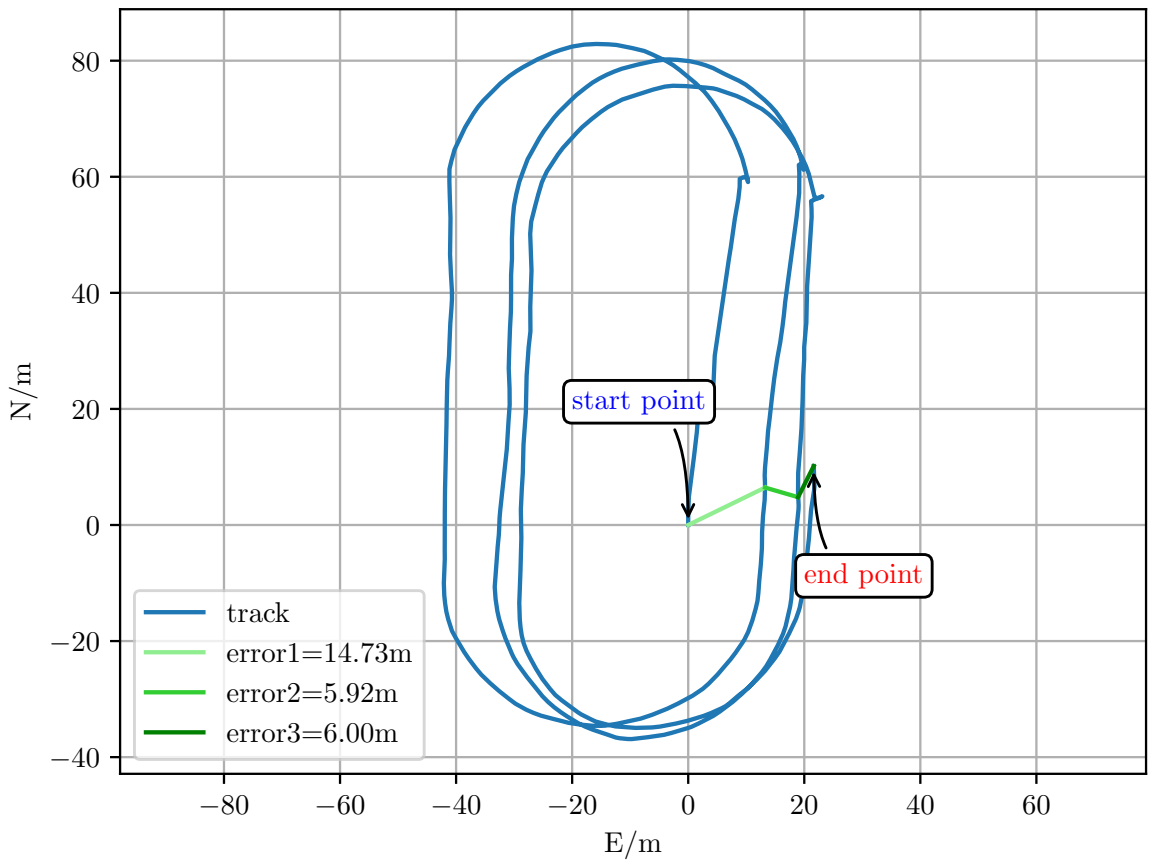
Overview





- 呈现明显的周期性
- 初始航向不稳定，算法有待改进
- 计步器计数结果为 1264 步

Overview



- 第一圈（大约 400 m 后），闭合差为 14.73 m
- 随后闭合差减小，结合航向角图像来看，第一圈的闭合差大是因为初始航向角没有对准导致的

参考文献

[1] BASSETT D R, TOTH L P, LAMUNION S R, et al. Step Counting: A Review of Measurement Considerations and Health-Related Applications[J]. Sports Medicine, 2016, 47(7): 1303-1315. DOI: 10.1007/s40279-016-0663-1.

[2] ZHANG H, DUAN Q, DUAN P, et al. Integrated iBeacon/PDR Indoor Positioning System Using Extended Kalman Filter[C]//Proceedings of the Advances in Materials, Machinery, Electrical Engineering (AMMEE 2017). Atlantis Press, 2017. DOI: 10.2991/ammee-17.2017.3.

[3] WEINBERG H. Using the ADXL 202 in Pedometer and Personal Navigation Applications[C]//. 2002.

[4] WanderGIS. CoordTransform_py[EB/OL]. 2017. https://github.com/wandergis/coordTransform_py.