

从串口读取数据获得手势数据。一个方向是读取原始数据（即发送接收天线端直接采样的信号），然后自行用 matlab 对原始采样信号处理获得手势数据。另一个方向是读取已经经过 1642 中 DSP 处理过后的数据（即 DSP 已经将原始采样信号解算为速度距离信息），具体而言, 1642 会将 DSP 处理过后的数据打包到数据帧里最后通过串口发送出去, 最后在 matlab 中解析帧结构获得手势数据（DSP 处理过后的数据）。

读取原始数据

雷达配置

```
profileCfg 0 77 10 10 62.2 0 0 60 1 128 2500 0 0 30
chirpCfg 0 0 0 0 0 0 0 1
chirpCfg 1 1 0 0 0 0 0 2
frameCfg 0 1 128 1 100 1 0
```

发射天线：2 个；

接收天线：4 个；

一帧数据的脉冲数：128 个（两个脉冲交替各发射 128 次）

ADC 采样点数：128 个

ADC 位数：16bit（两个字节组成一个十进制数）

采样形式：IQ 正交采样（两个十进制数组成一个复数，I+jQ）；

ADC 采样率为：2.5Msps。

串口收到的字节数为： $2 \times 4 \times 128 \times 128 \times 2 \times 2 = 524288$ (个)。复信号数据个数为： $\text{字节数} / 2 / 2 = 131072$ (个)。

处理

1) 数据读取、拆分、组合

将回波数据排列成 3 维矩阵 $D(n_samples \times n_chirps \times n_RX)$ ，距离维（快时间，单个脉冲回波，横向时间刻度）、速度维（同一距离单元在不同脉冲回波内的数据）和天线维。

2) 1D FFT

对单个脉冲采样数据（距离维）进行 FFT 得到矩阵 $fft1d$ ，对各脉冲信息整合，得到整体的距离变化信息。采样频率 f_s ，采样点数 N ，分辨率 $df = f_s / N$ ，第 k 个采样点的频率 $f = (k - 1) \times df$ 。

通过FFT, 找出谱峰位置

$$f_{if} = \frac{2f_c v_r + 2kR}{c}$$

目标静止时, $v_r = 0$

$$R = -\frac{cf_{if}}{2k}$$

$$\Delta f_{if} = \frac{2k\Delta R}{c} > \frac{1}{T}, \text{ 距离分辨率}$$

$$\Delta R = \frac{c}{2B}$$

距离由谱峰确定, 可见采样点数代表了距离信息。

3) 静态杂波滤除 (相量均值相消)

对所有接收脉冲求平均得出参考接收脉冲, 接着利用每一束接收脉冲减去参考接收脉冲就可以得到目标回波信号, 参考接收脉冲的表达式为

$$C[m] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R[m, i]$$

其中, m 为距离维采样点, i 为速度维时间采样点, 相量均值相消算法的公式为 $R[m, n] = R[m, n] - C[m]$ 。

4) 2D FFT

对 1D FFT 的结果在速度维作 1DFFT 得到矩阵 fft2d 。设信号采样周期为 T_s , 脉冲重复间隔为 T , 单脉冲采样点数为 N , 接收 L 个脉冲。

$$S_{if}(m, l) = e^{j2\pi \left[\left(\frac{2f_c v_r}{c} + \frac{2k(R + v_r l T)}{c} \right) n T_s + \frac{2(R + v_r l T) f_c}{c} \right]}$$

$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$, $l = 0, 1, 2, \dots, L-1$.

一维FFT后于第二维FFT (以慢时间

Δt 为变量), 多普勒频率

$$f_d = \frac{2f_c v_r}{c} = \frac{2v_r}{\lambda}$$

$$v_r = \frac{f_d \lambda}{2}$$

$$\Delta f_d = \frac{2T \Delta v}{\lambda} > \frac{1}{L}, \text{ 速度分辨率}$$

$$\Delta v = \frac{\lambda}{2TL} = \frac{c}{2f_c TL}$$

5) 直流分量抑制

$$\text{fft2d}(:, 1, :) = 0;$$

6) 角度 FFT

对 2DFFT 结果在天线维作 1DFFT 得到矩阵 fft3d 。毫米波波长为 λ , 天线阵列间距为 d , $Q=180$, 峰值天线维索引为 pag 。得到空间频率 $f_w = (\text{pag} - Q/2 - 1)/Q$, 角度 $\theta = \sin^{-1}(f_w * \lambda/d)$ 。

结果示例

1) 示例数据

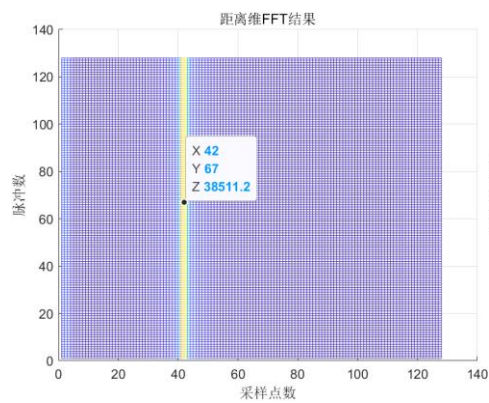


图 1 $\text{abs}(\text{fft1d}(:,1))$ 结果
(采样点数对应距离维)

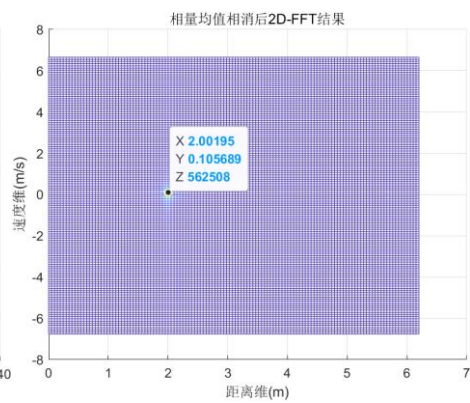


图 2 $\text{abs}(\text{fft2d}(:,1))$ 结果

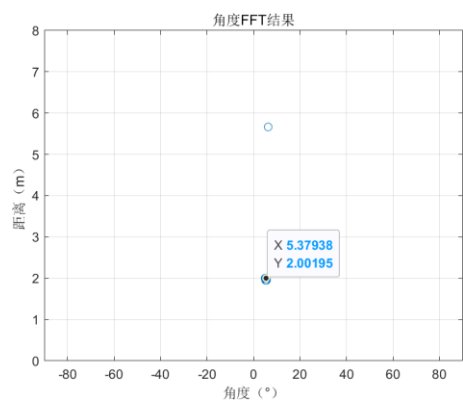


图 3 fft3d 谱峰对应的角度和距离图
2) 上下移动的手

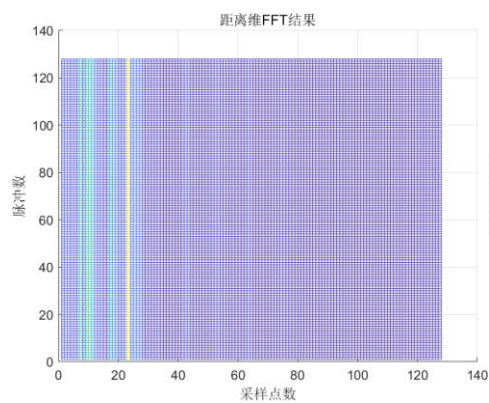


图 4 $\text{abs}(\text{fft1d}(:,1))$ 结果
(采样点数对应距离维)

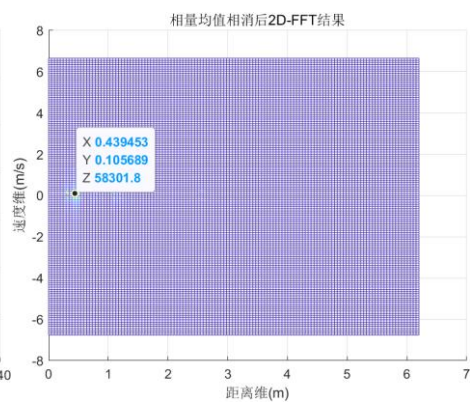


图 5 $\text{abs}(\text{fft2d}(:,1))$ 结果

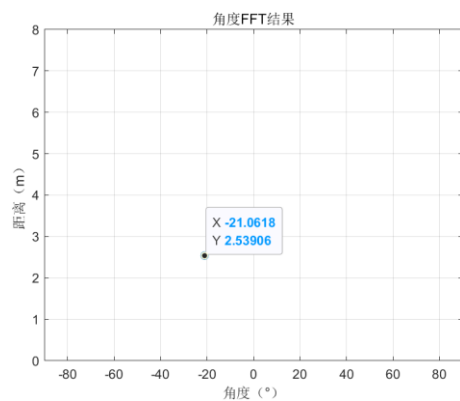


图 6 fft3d 谱峰对应的角度和距离图

目前的问题

```
tic
prompt_1= fread(hdataSerialPort, Tx_Number*Rx_
toc
```

```
clearvars -s -f -v
```

```
sensorStart
```

历时 5.936758 秒。

采集数据持续时间很快，大约数百毫秒即可采集完成。而以 921600 波特率传输，大概会耗时 $524288 \times 10 / 921600 = 5.6\text{s}$ 。5.93-5.6=0.33s 采集完成，传输时间却要 5s 左右，数据率跟不上，串口采集数据不可以实时采集，且所采集的数据较少，无法采集做完一个手势所产生的数据。

读取帧

雷达配置

```
profileCfg 0 77 429 7 57.14 0 0 70 1 256 5209 0 0 30
chirpCfg 0 0 0 0 0 0 0 1
chirpCfg 1 1 0 0 0 0 0 2
frameCfg 0 1 16 0 100 1 0
```

发射天线：2 个；

接收天线：4 个；

一帧数据的脉冲数：16 个（两个脉冲交替各发射 16 次）

ADC 采样点数：256 个

ADC 位数：16bit（两个字节组成一个十进制数）

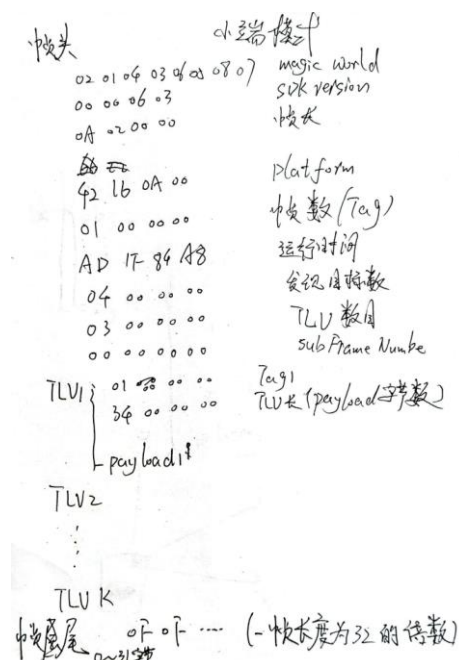
采样形式：IQ 正交采样（两个十进制数组成一个复数，I+jQ）；

ADC 采样率为：5.209MSPS。

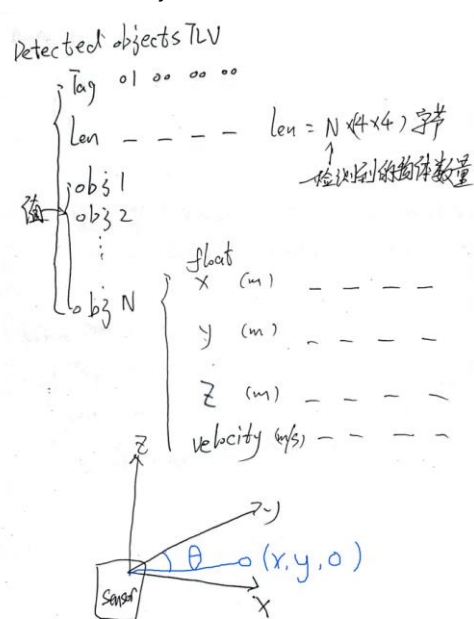
串口发送的每一帧数据大小不固定，为 32 字节的倍数。

处理

帧结构



Detected objects TLV



每一帧仅处理 detected objects TLV 的数据，其 Tag 为 1。一般 detected objects 都有 4、5 个目标，选取距离最小的作为目标，获取距离、速度和角度信息。其中速度已经知道，距离 $R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ，线阵只有 xy 平面的信息， $z=0$ ，角度为目标与传感器连线和 y 轴的夹角， $\theta = \text{atan}\left(\frac{x}{y}\right) * 180/\pi$ 。

帧周期为 100ms，设置 10s 读一次串口，每次能读取 100 帧（与每一帧的大小和读取时间间隔有关，这里每一帧有 1,2,6,7,9 五种 TLV，大小为 700 多字节）。二维图，纵轴为物理信息，横轴为时间轴 $(0:\text{帧数}-1)*100\text{ms}$ 。

结果示例

静止目标

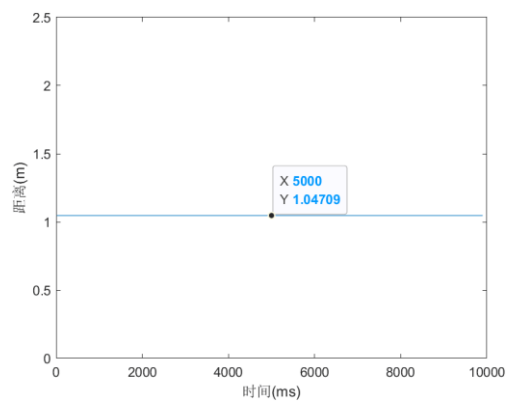


图 7 床板距离与时间图

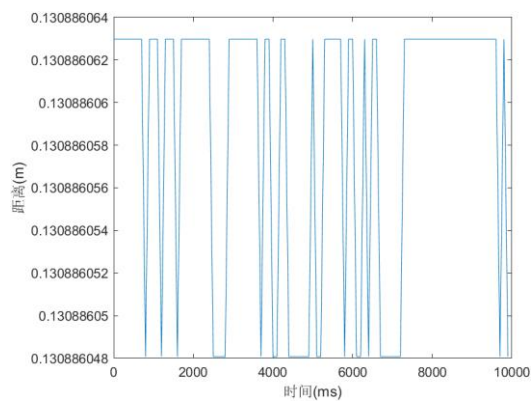


图 8 不小心抖动的手距离与时间图

运动目标

固定手肘，左右扭动的手

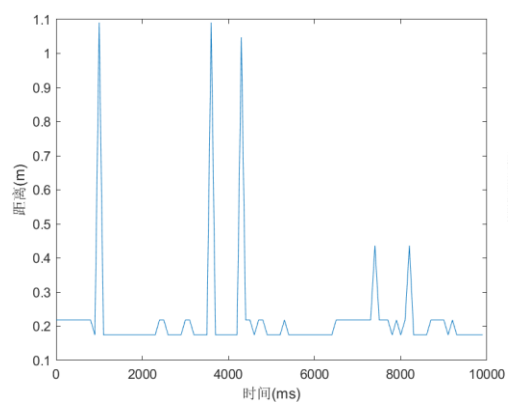


图 9 距离与时间图

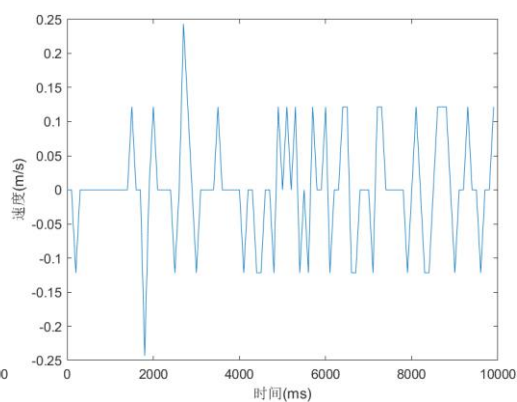


图 10 速度与时间图

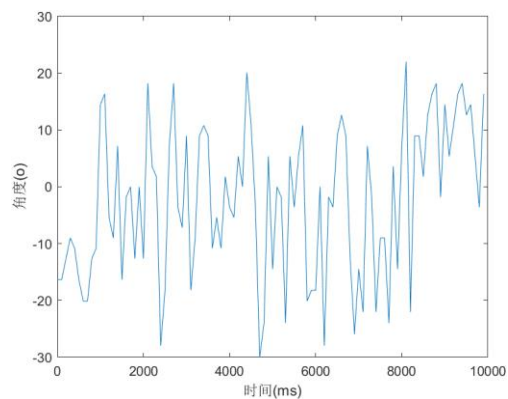


图 11 角度与时间图

目前的问题

容易丢失运动目标，从一些帧中没有解读出运动目标。如上面示例中，图 9 中出现毛刺（距离 1m）的点总是对应图 10 中速度为 0 的点，这些点所找的目标是静止的其他物体。