

同润智能科技有限公司 2021-08-09 11:35

 C 笔记

雷达学报

雷达学报

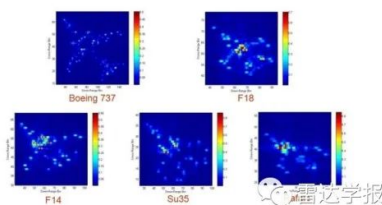
雷达学报



四维感知

■ 雷达信号处理教研室

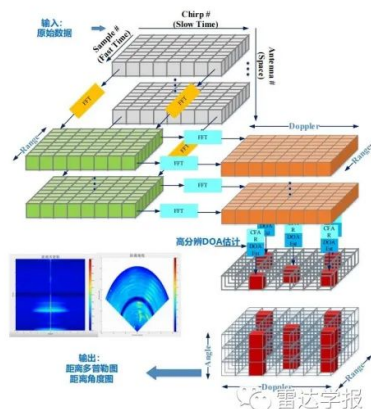
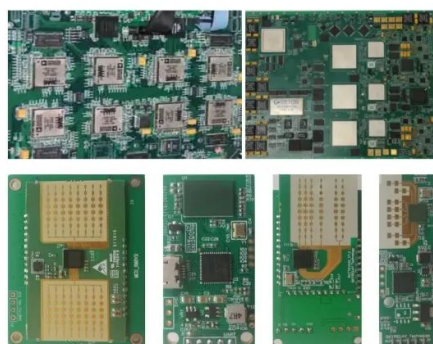
- SAR信号处理
- 目标跟踪识别
- 实时信号处理



雷达学报



四维感知



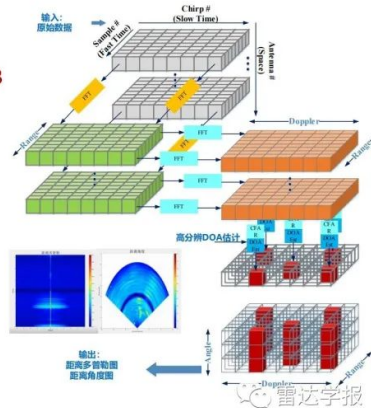
雷达学报



四维感知

■ MCU

- STM32G473 主频170MHz、内存128KB
- 4发4收、256采样点、16chirp
- 定点16bit, 处理周期64ms



雷达学报

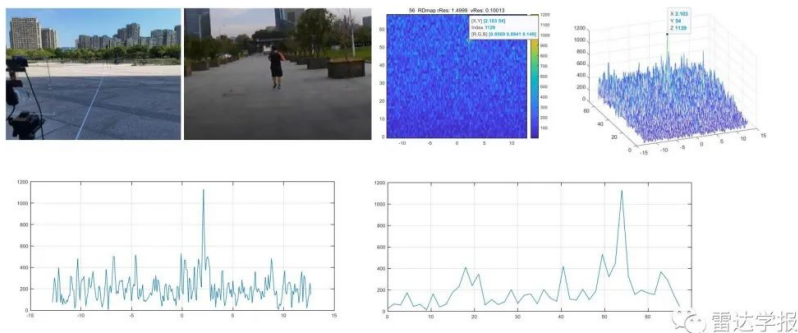


C 笔记



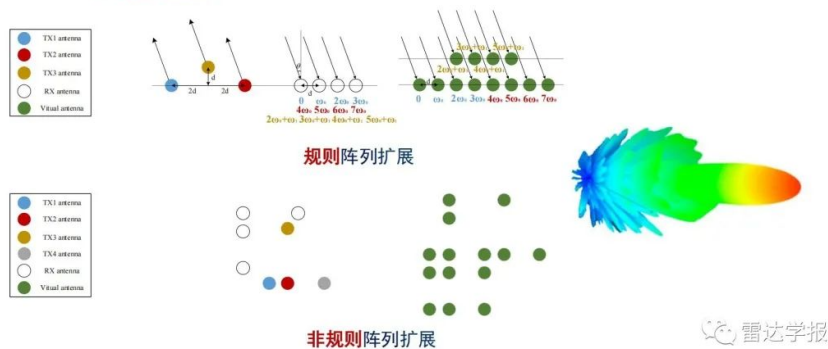
四维感知

■ 探测距离54m



四维感知

■ 二维孔径虚拟



四维感知

■ 速度角度联合估计二维Capon原理

➢ 空时联合估计目标的速度和角度

■ 二维Capon算法 $a_i = a(\theta_i) \otimes a_r(\omega_i)$

➢ 二维导向矢量:

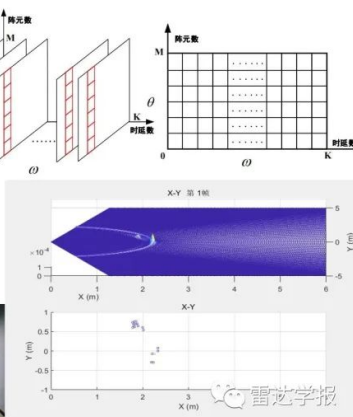
$a(\theta_i)$ 为空间 $M \times 1$ 维导向矢量

$a_r(\omega_i)$ 为时间 $K \times 1$ 维导向矢量

➢ 二维谱函数: $P(\theta, \omega) = \frac{1}{a^H(\theta, \omega) R_{xx}^{-1} a(\theta, \omega)}$

■ 指标

- 距离分辨率0.041m
- 速度分辨率0.076m/s
- 角度分辨率4.1°
- (传统测角算法角度分辨率30°)





四维感知

■ 状态空间法

- MIMO带宽合成
- 高精度距离、速度、类型、散射强度等参数估计

雷达系统参数	数值	雷达测量参数	数值
雷达工作频率	60GHz	距离分辨率	3.91cm
扫频带宽	3.84GHz	速度分辨率	0.25m/s
脉冲重复周期	1us	最大可检测距离	5m
频率点数	128	最大可检测速度	24.75m/s
天线数	1T4R		



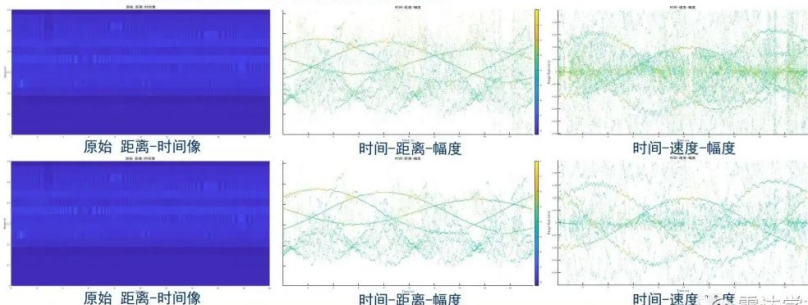
雷达学报



四维感知

■ 重构目标距离、速度

- 1T1R单通道处理、3T4R带宽合成处理



毫米波雷达MIMO信号处理提高检测信噪比，增强环境感知能力

雷达学报



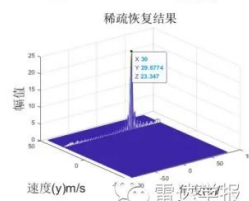
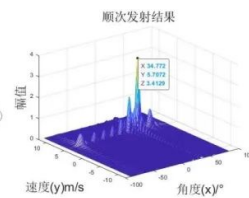
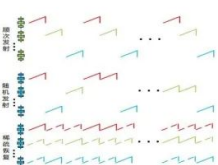
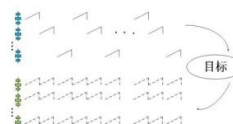
四维感知

■ TDM-MIMO速度模糊

- 随机发射消除空时采样的线性关系
- 单天线稀疏发射，压缩感知速度解模糊，最大不模糊速度提高N倍

$$x_{nm} = \sum_{k=1}^K a_k \exp(j2\pi \frac{2v_k}{\lambda_0} NT(l-1)) \cdot \exp(j2\pi (\frac{\Delta d}{\lambda_0} \sin \theta_k + \frac{2v_k T}{\lambda_0})(n-1)) \cdot \exp(j2\pi \frac{d}{\lambda_0} \sin \theta_k (m-1)) + n$$

$$x_{nm} = \sum_{k=1}^K a_k \exp(j2\pi \frac{2v_k}{\lambda_0} T(U_k-1)) \cdot \exp(j2\pi \frac{d}{\lambda_0} \sin \theta_k (Mn+m-M-1)) + n$$



雷达学报



C 笔记



四维感知感知

■ FDM-MIMO

➢ 高PRF、距离角度耦合

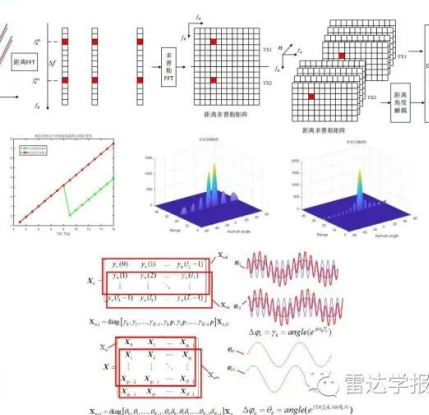
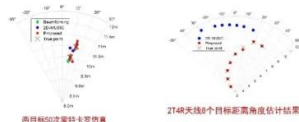
■ 处理方法

➢ MIMO分离+距离测量

➢ 距离高分辨、相位补偿

➢ 双平滑算法

- 时延估计一样本位移不变
- 角度估计一天线位移不变

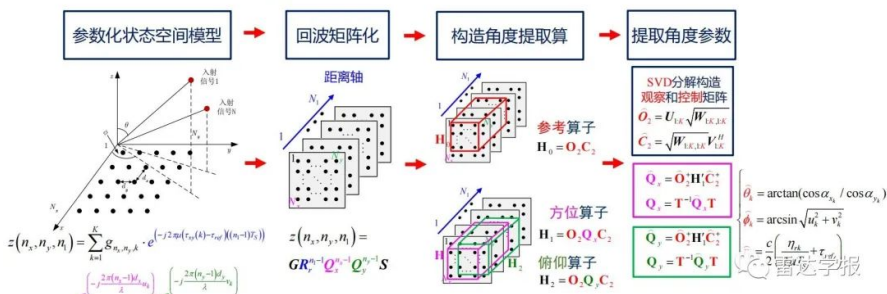


四维感知

■ 距离、方位角和俯仰角状态空间处理

➢ 距离-方位-俯仰多维度联合，基于参数化模型实现角度超分辨

➢ 统计特性差异消除噪声影响，提高测角精度

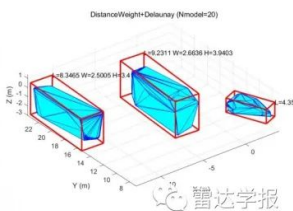
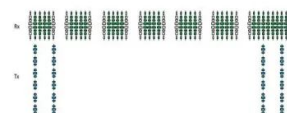
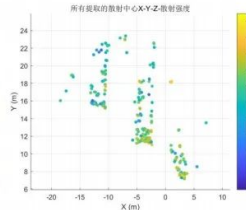


四维感知

■ MIMO虚拟孔径 (24T32R)

➢ 1° 实波束0.2° 超分辨

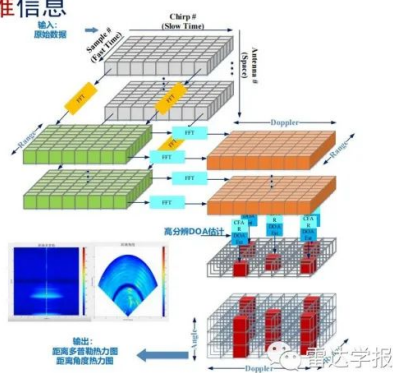
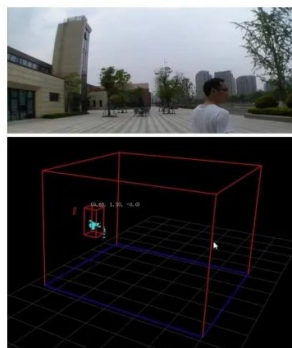
➢ 统计模板变形目标重构，估计车辆几何尺寸





四维感知

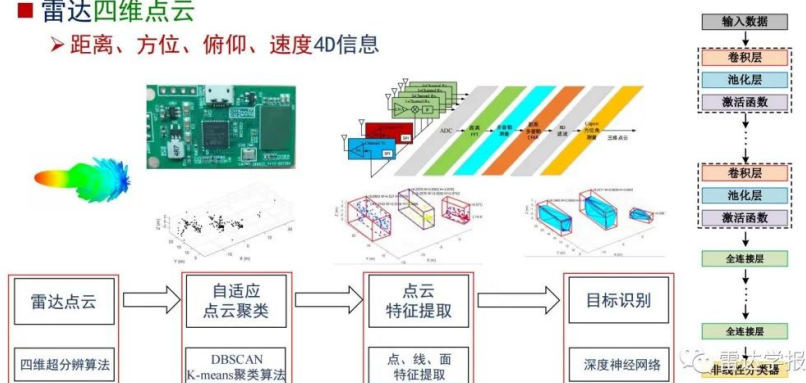
■ 距离、方位角、俯仰角、速度四维信息



雷达4D感知

■ 雷达四维点云

➢ 距离、方位、俯仰、速度4D信息



毫米波雷达4D感知及其典型应用

- 四维感知
- 点云处理
- 微动识别
- 其他应用



点云处理

扩展目标跟踪

点迹凝聚后当做点目标处理

基于DBSCAN聚类的扩展目标跟踪

直接对点云进行扩展目标跟踪

基于数据关联的扩展目标跟踪方法

检测后跟踪

基于随机矩阵的扩展目标跟踪

检测前跟踪

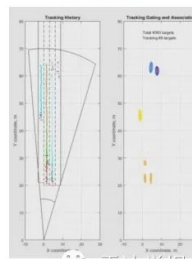
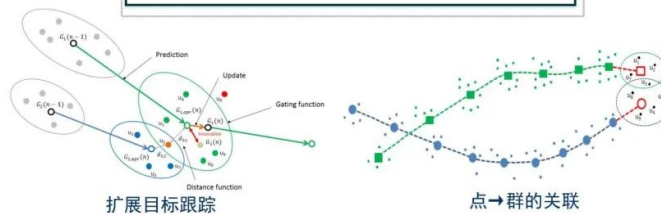
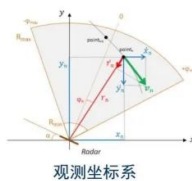
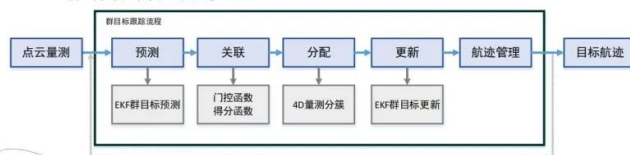
基于KCF的检测前扩展目标跟踪

雷达学报



点云处理

■ 扩展目标跟踪



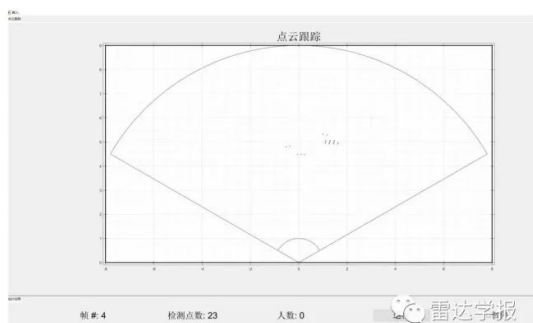
雷达学报



点云处理

■ 室内多人跟踪定位

- 视频及雷达处理结果
- 室内多人无序行动



雷达学报



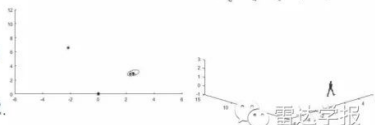
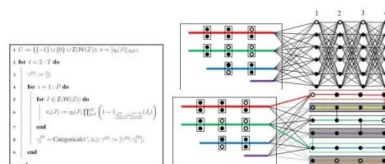
点云处理

■ 人群跟踪与个体识别

- 扩展目标: 同一目标产生多个量测
- 多径环境: 大量杂波、虚假镜像量测
- 状态滤波不一致, 数据关联复杂

■ 解决思路

- 多量测GLMB递归
 - 一致贝叶斯滤波框架
- 联合预测、分区和更新
 - 降低关联复杂度
- 联合分区Gibbs采样器
 - 高效实现技术
- Jun Wang. Multiple-detection multi-target tracking with labelled random finite sets and efficient implementations [J]. IET Radar, Sonar & Navigation, 2019, V13, I2: 272-282.



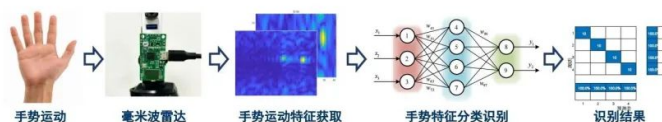
毫米波雷达4D感知及其典型应用

- 四维感知
- 点云处理
- 微动识别
- 其他应用

雷达学报



微动识别



手势识别

使用手势运动
图像进行识别

基于人工神经网络的特征提取与识别方法

基于机器学习的特征提取与识别方法

使用手势运动
参数进行识别

基于手势运动轨迹的识别方法

雷达学报

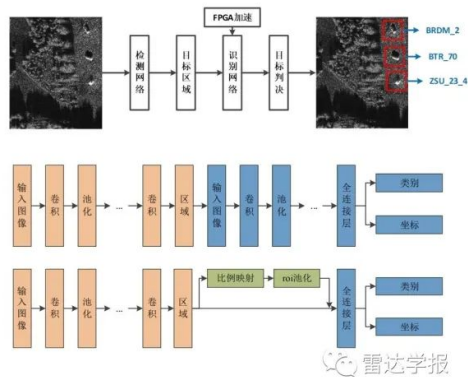
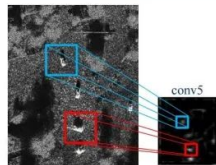


微动识别-硬件加速

■ 检测识别共享网络

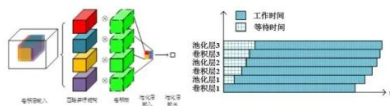
- 检测候选区域
- 映射候选区的高层特征

模型	虚警率	漏警率	检测识别时间
Seperated Model	2.4%	2.7%	34ms
Shared Model	0.1%	2.1%	28ms



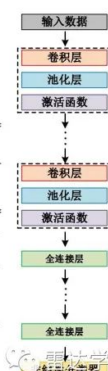
微动识别-硬件加速

- 网络模型权重动态量化
- 通道、层、卷积多层并行
- 相较GPU, FPGA速度提高25.7%、功耗降低90.6%



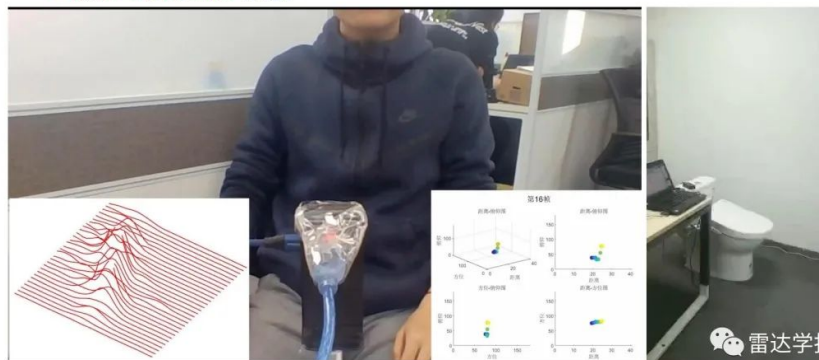
Parameters	FPGA	GPU
Classification accuracy	87.81 %	88.08 %
Power Consumption	3.37 W	55W
Averaged execution time	249.73 μ s	358.91 μ s

Methods	LUTs	DSPs in use	Board	GOPs	GOPs/DSP	GOPs/LUTs	Bitwidth	Frequency	GOPs/W
Qu <i>et al.</i>	182616	780	Zynq XC7Z045	136.97	0.18	0.75	16 bit	150 MHz	14.22
Suda <i>et al.</i>	130000	727	Stratix V GSD8	117.80	0.16	0.98	16 bit	120 MHz	6.16
Veneris <i>et al.</i>	218600	900	Zynq XC7Z045	123.12	0.14	0.56	16 bit	125 MHz	—
Proposed accelerator	81229	420	Zynq XC7Z045	87.03	0.21	1.07	16 bit	150 MHz	21.45



微动识别-手势识别

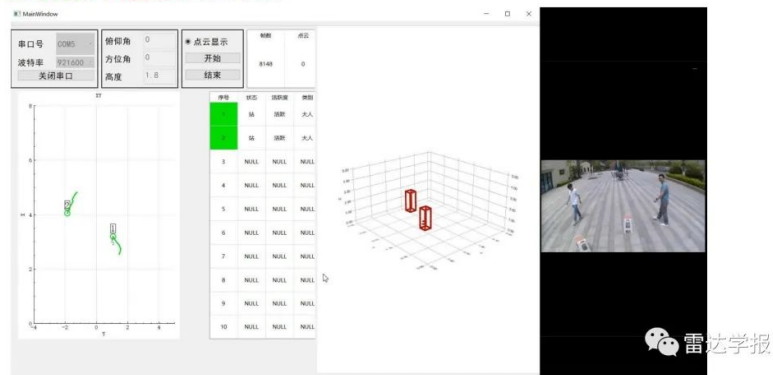
■ 最小二乘轨迹拟合识别





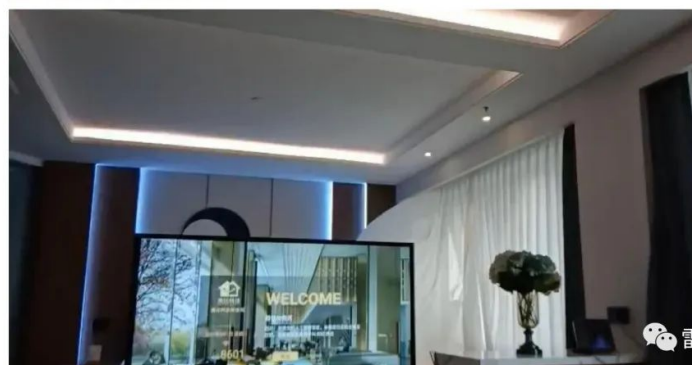
微动识别-姿势识别

■ 微动特征+高度辅助联合识别



微动识别-窗帘识别

■ 微多普勒谱矩特征识别



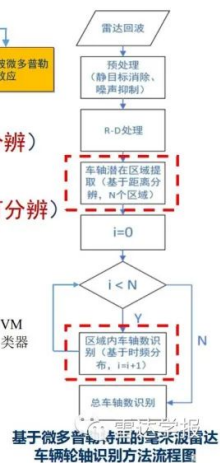
微动识别-车轴识别

■ 所提方法的关键点

- 基于熵的车轴组距离单元区域提取
 - 提取若干车轴组所在的潜在距离单元区域（距离可分辨）
- 基于独立成分分析的近距轮轴数目识别
 - 判断车轴组距离单元区域内近距轮轴数目（距离不可分辨）



基于独立成分分析的近距（车轴组距离单元区域内）轮轴数目识别示意图

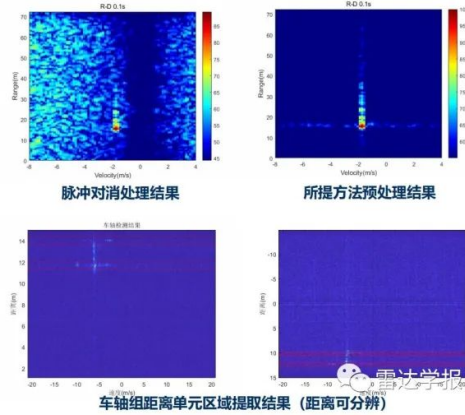


基于微多普勒特征的毫米波雷达车辆轮轴识别方法流程图

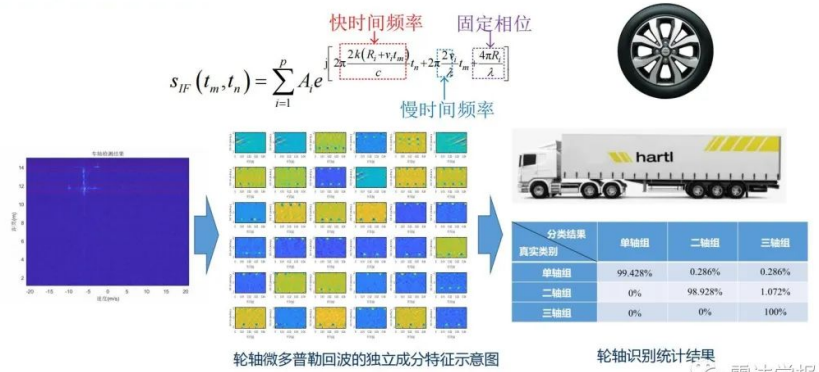


微动识别-车轴识别

■ 实验结果



微动识别-车轴识别



毫米波雷达4D感知及其典型应用

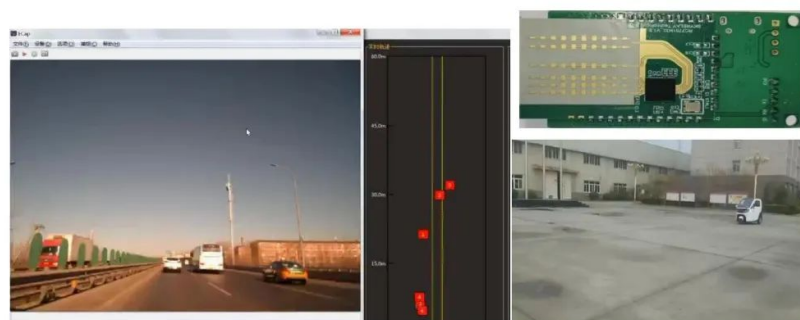
- 四维感知
- 点云处理
- 微动识别
- 其他应用



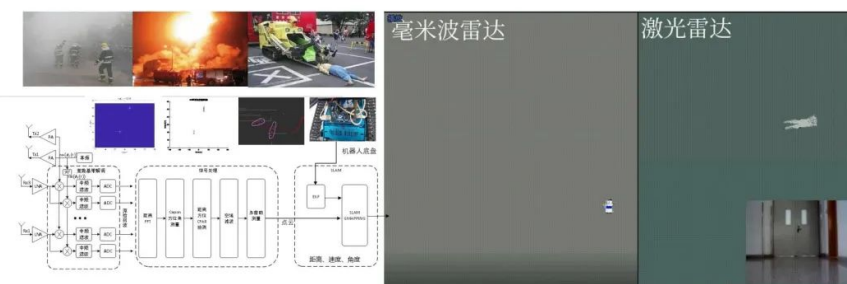
其他应用-水位测量



其他应用-车辆预警



其他应用-毫米波SLAM





其他应用-毫米波实验

■ 电动直线滑轨

- 毫米波雷达**静**目标测量实验
 - 角反射器**距离**测量
 - 角反射器**角度**测量
- 毫米波雷达**动**目标测量实验
 - 运动角反射器的参数测量
- 毫米波雷达**MIMO**测量实验
 - 采用MIMO方式测量目标坐标



雷达学报

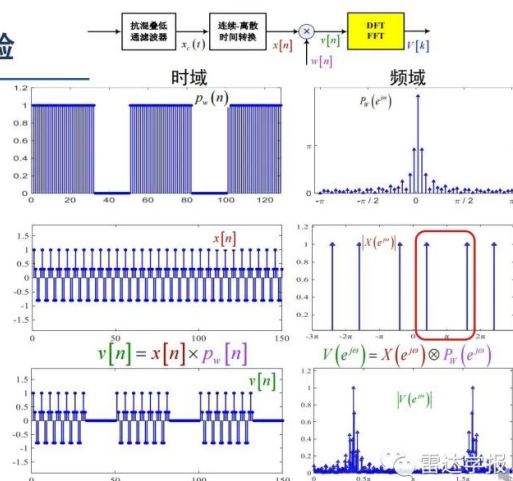


C 笔记



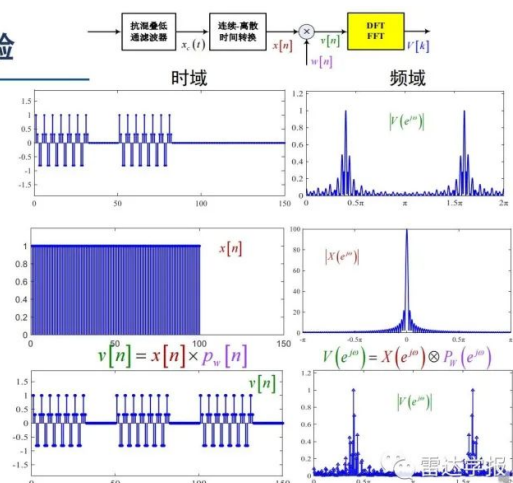
其他应用-毫米波实验

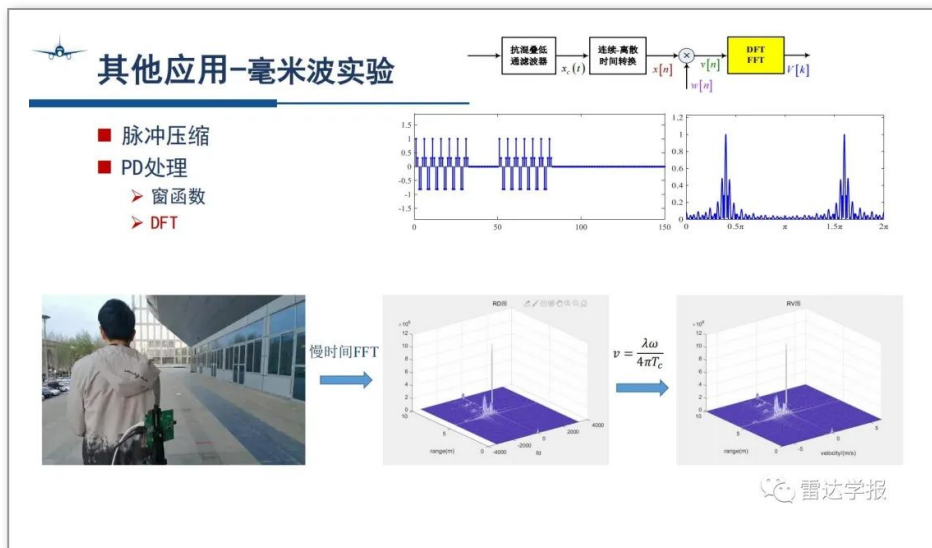
- 窗函数**主瓣**影响
 - 分辨率降低
- 窗函数**旁瓣**影响
 - 发生泄露
- 频谱采样**DFT**影响
 - 栅栏效应



其他应用-毫米波实验

- 窗函数**主瓣**影响
 - 分辨率降低
- 窗函数**旁瓣**影响
 - 发生泄露
- 频谱采样**DFT**影响
 - 栅栏效应





原文源自雷达学报。



同润智能科技有限公司

同润智能科技有限公司，欢迎您~

12篇原创内容

Official Account

People who liked this content also liked

行业应用|同润雷达液位计解决制药行业测量难题

同润智能科技有限公司

