

车载UWB PEPS/AVP 双功能节点的设计与应用

暨 基于UWB定位的AVP技术方案
与商业落地路径分享

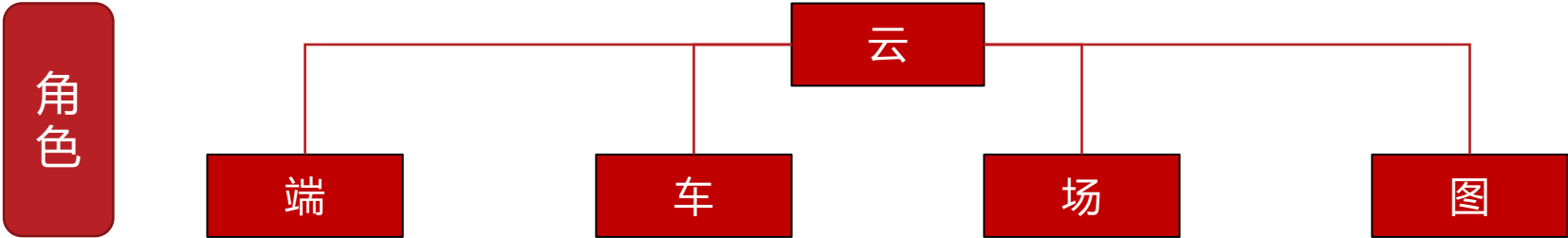
中电昆辰 朱晓章

2021年5月10日

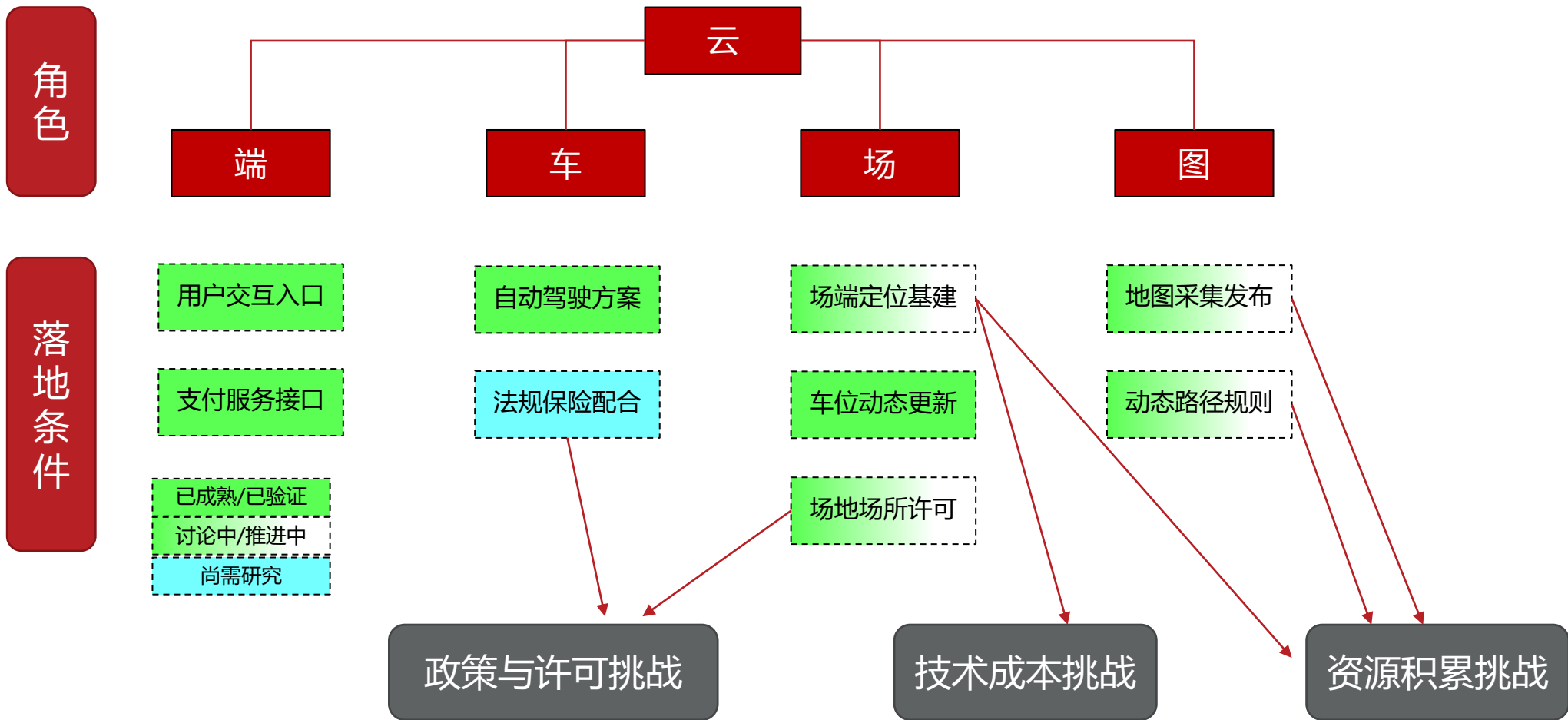
01

AVP的商业应用思考

AVP商业应用——参与方

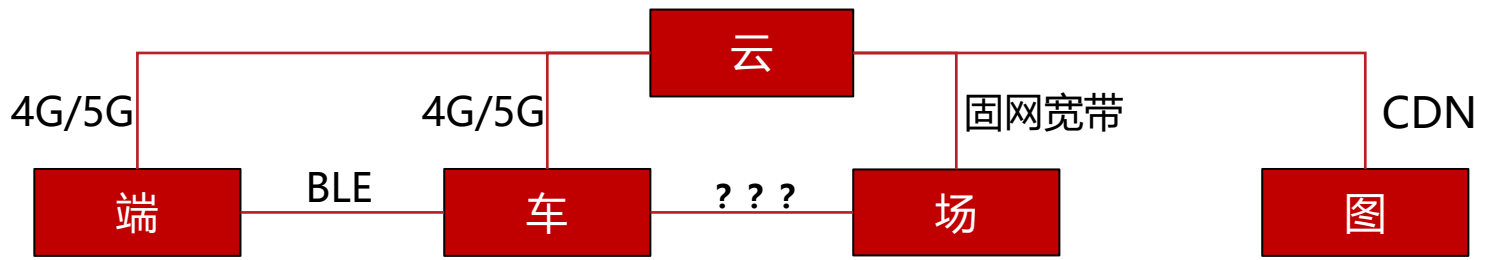


AVP商业应用——各方落地条件与挑战

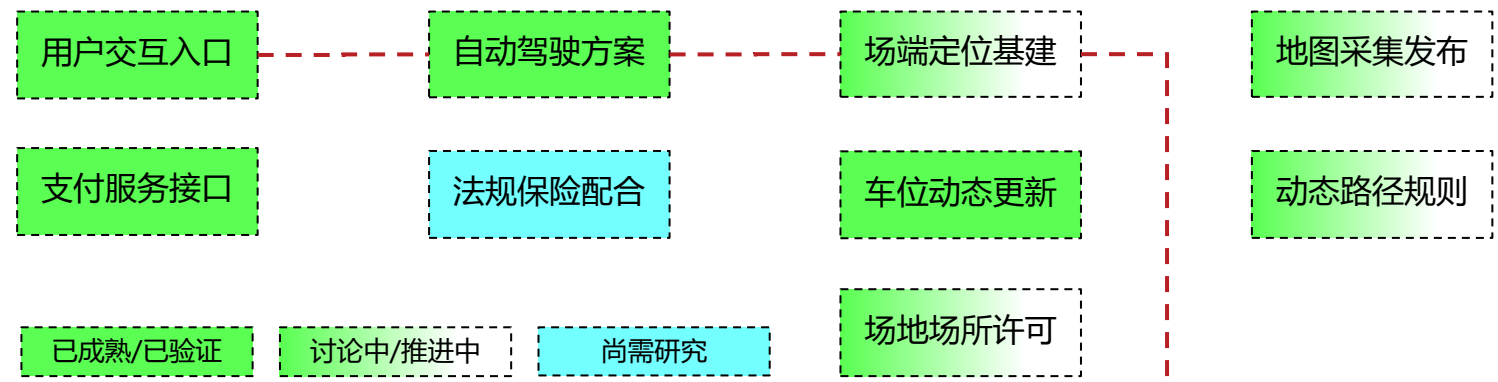


AVP商业应用——各方连接方式

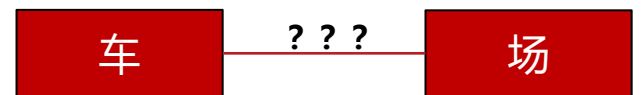
角色



落地条件



车-场 连接方式的选择要素



成本低
标准化
定位性能好
兼容移动终端



Based on IEEE 802.15.4z

拥抱标准
解决
技术成本挑战

CARCONNECTIVITY consortium®

fira | The Power to Be Precise

02

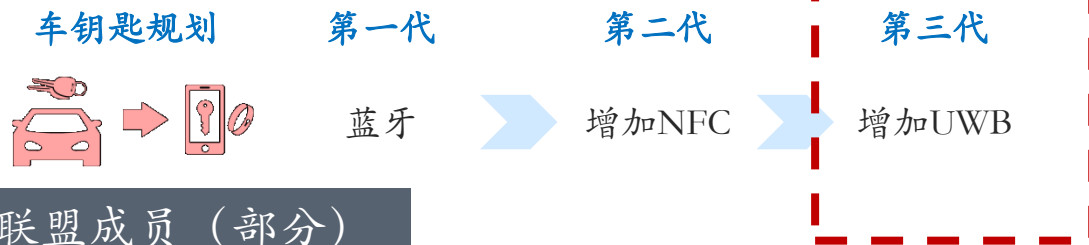
UWB车载应用趋势

UWB行业标准与 CCC、FiRa联盟

IEEE 802.15.4z 2020 UWB行业标准于2020-8-25正式公布, CCC与FiRa成员迅速增加

Car Connectivity Consortium

CCC (Car Connectivity Consortium) 是一个全球范围内致力于智能手机与汽车连接的跨行业科技联盟。



联盟成员 (部分)



FiRa Consortium

FiRa (fine ranging) 联盟致力于利用UWB技术的安全精细测距和定位功能提升用户体验。



联盟成员 (部分)



iPhone11 + 三星Note 20 Ultra开始，UWB成为智能手机高精度定位领域的最优选择



全部配备U1芯片

- 2019年9月，Apple发布的新一代iPhone全部配置Apple设计U1芯片，采用UWB技术，用于提升智能终端的空间感知能力

UWB技术首次在智能手机领域大规模推广

- 在现有定位功能（GNSS、数字指南针、无线局域网、蜂窝网络、iBeacon微定位）基础上，新增UWB功能，实现UWB技术在智能手机领域的首次大规模配置



传起来，找起来，玩起来，都更精准。

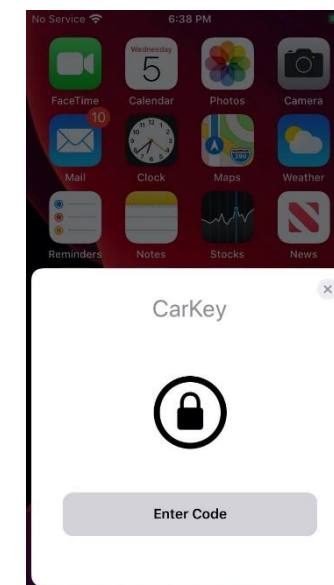
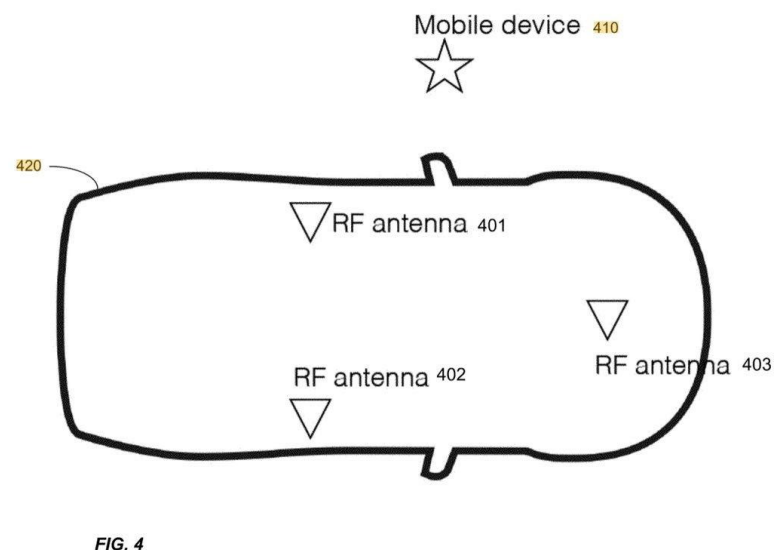
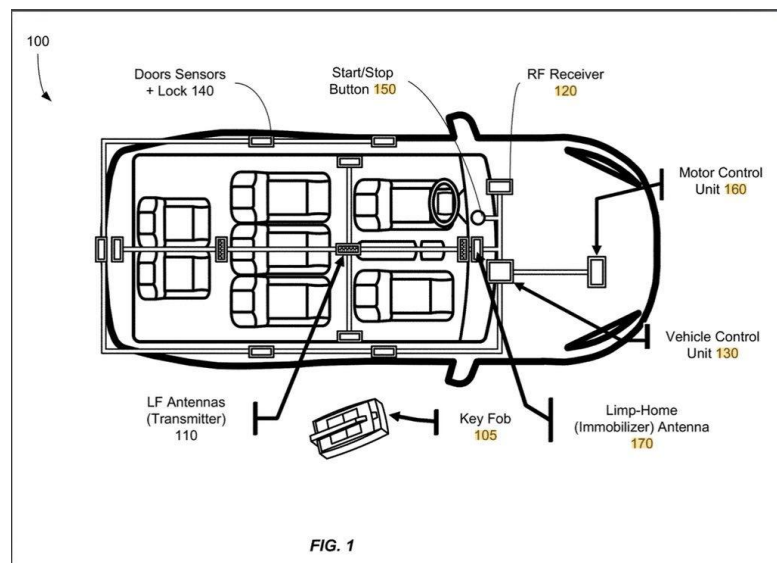
超宽频技术加入 iPhone。Apple 全新设计的 U1 芯片采用超宽频技术，让 iPhone 11 具备空间感知能力，可精确定位其他配备 U1 的 Apple 设备。你可以把它想象成覆盖你家整个客厅的 GPS，如果你希望通过隔空投送与人共享文件，只需用你的 iPhone 对准他们的 iPhone，对方就会出现在列表最上方³。

UWB技术路线已成为智能终端高精度定位领域的最优选择，未来商业化应用空间广阔

Apple Inc. 公布的UWB PEPS方案

Apple

- 1、2021年发布Air Tag 硬件-物品追踪
- 2、Apple是CCC联盟的发起成员(Charter Member)，最先推动手机和汽车的UWB PEPS



注：苹果公开的专利涉及到苹果手机U1芯片的车钥匙用法，但专利不限制车端组件的供应商多元化。

NXP 推出的UWB 车规芯片 NCJ29D5

恩智浦

NXP正式推出安全精密测距芯片系列产品，集安全元件（SE）、NFC、UWB一体，精度可达 $\pm 10\text{cm}$ ， $\pm 3^\circ$ ，可为下一代支持UWB的移动终端提供高精度定位性能。

- 1.移动终端将能够与智能门、入口和汽车进行通信。
- 2.智能灯具、智能音箱和任何其他具备UWB传感功能的互联设备能够感知用户在不同房间的移动。

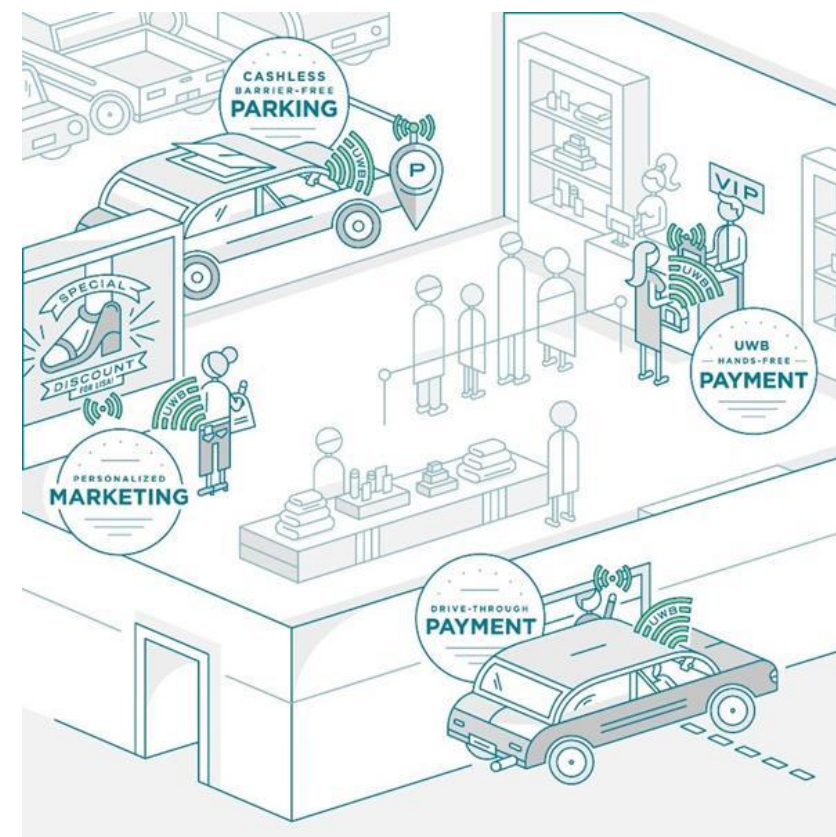


2019年11月，恩智浦发布车规级UWB IC NCJ29D5。

应用场景：

- 1.Car as a key (私家车库)
- 2.Drive through payment
- 3.Electric vehicle charging
- 4.Short Smart Car Access (手机PEPS)
- 5.Range Radar
- 6.Valet parking (自动驾驶泊车)

2020年1月份，NXP与日本最大运营商NTT DOCOMO, Sony共同展示uwb应用场景。



BOSCH 公布的UWB PEPs方案

1. 实现手机代替车钥匙的最优方案是UWB+BLE (Bluetooth low energy) ,
——即使新的蓝牙版本 (5.X) 增加AoA,ToF协议, 依然无法解决精准定位的问题, 且需要额外的算法防止出现中继攻击。

2. 将基于UWB的手机钥匙方案完成SOP.——iPhone+Bosch+NXP+OEM。

具体方案:

- 1) 车端, 四个角独立UWB模组, 后备箱、内部车顶、中央控制器各有UWB+BLE集成模组;
- 2) 手机端, UWB实现定位及认证、BLE实现数据交互、车身操作。

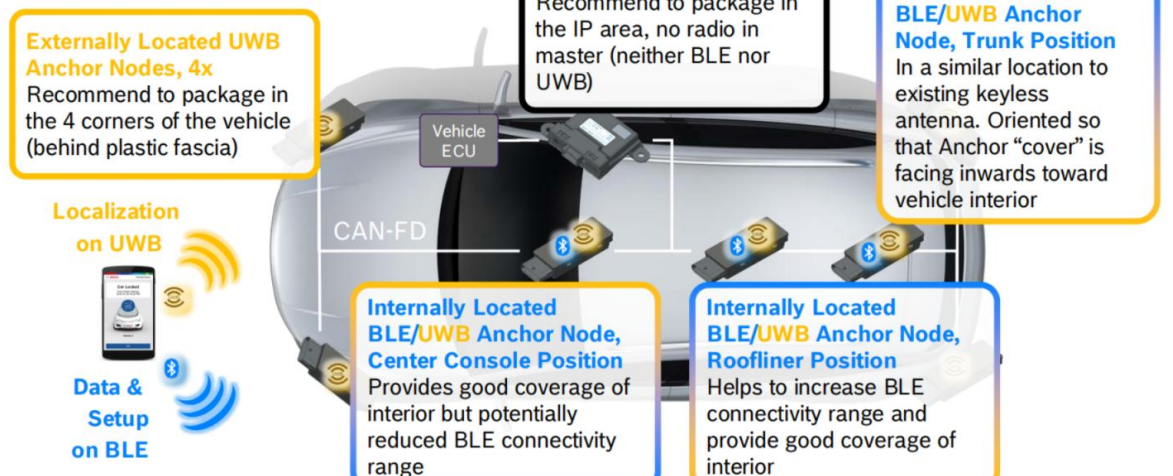
Perfectly Keyless Vehicle Entry Systems: Technology Comparison

	UHF/LF	UWB Ultra Wide Band	BLE Bluetooth Low Energy
Supported by smartphones today	✗	✗	✓
Supported by smartphones in future	✗	✓ BOSCH ECU SOP: 2021	✓
Security (e.g. relay station attack)	✗	✓	2020 BOSCH Also with AoA, ToF
Localization performance today	🔄	🔄	🔄
Localization performance in future	🔄	🔄	202X? BOSCH

BOSCH will support BLE and UWB e.g. in EU, BLE only e.g. in China with the same mechanical concept

5 AE-BEPRM | 2019-04-05
© Robert Bosch GmbH 2019. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights. BOSCH

Perfectly Keyless Proposed Vehicle Layout



7 AE-BEPRM | 2019-04-05
© Robert Bosch GmbH 2019. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights. BOSCH

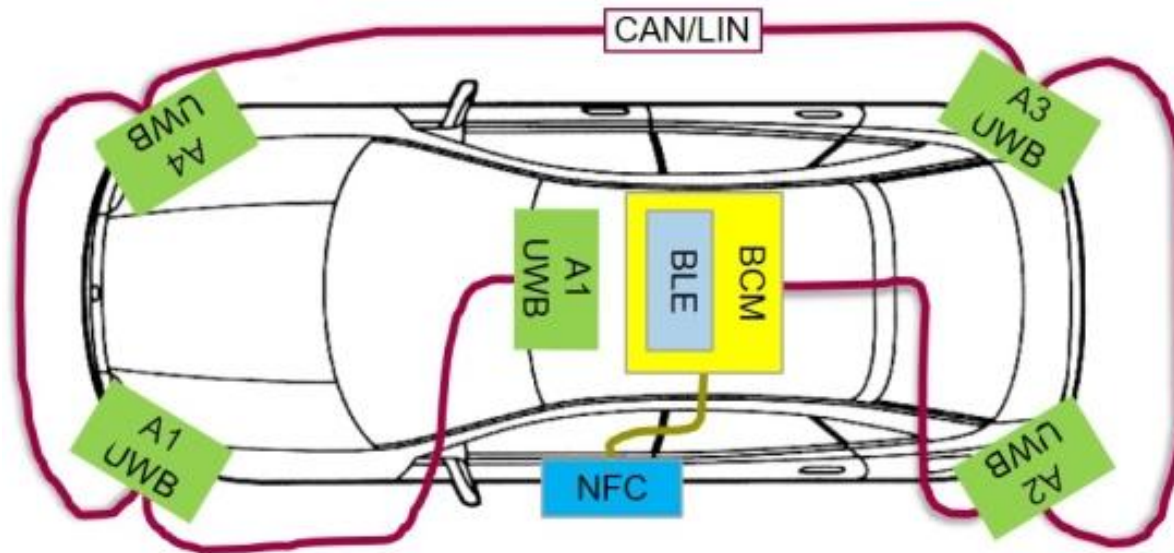
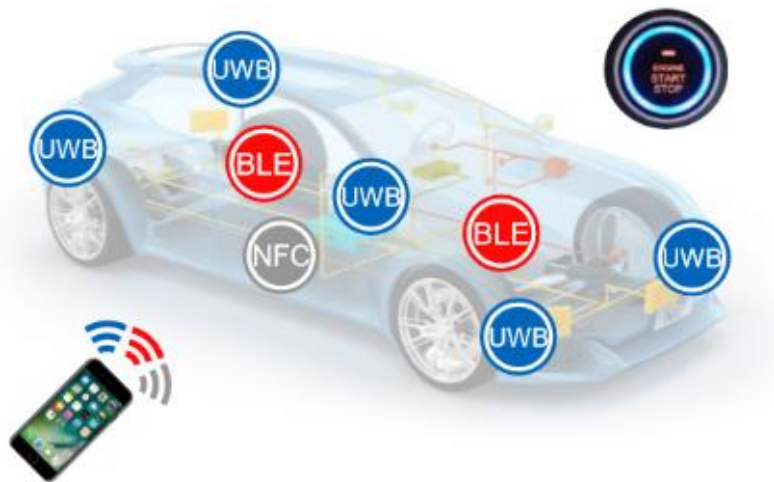
信息来源: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/connectivity-solutions/perfectly-keyless/>

03

UWB PEPS与AVP 双功能设计

来自不同Tier 1的UWB PEPS车载节点布局参考

Smartphone Access as PEPS
UWB + BLE + NFC

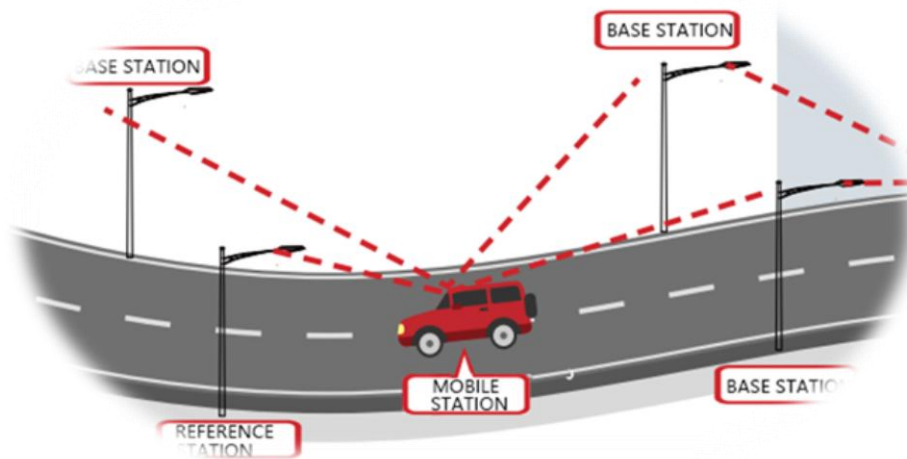
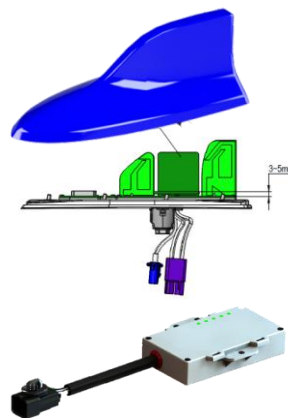
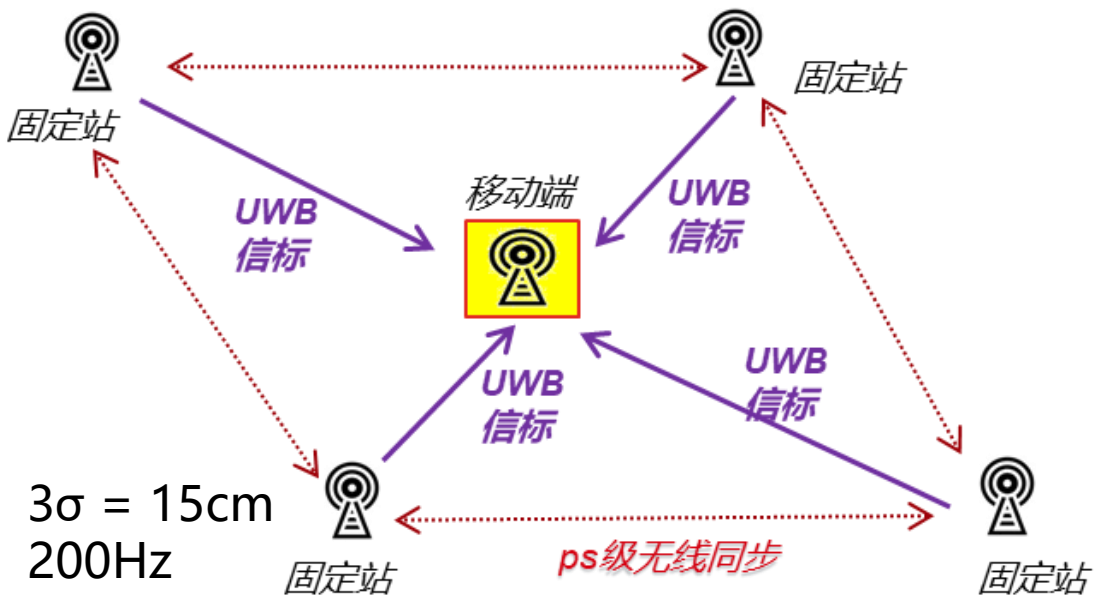


特点:

- 1、车身外部和内部部署多个标准的IEEE 802.15.4z UWB收发节点
- 2、多个节点收到的报文集中计算手机或者车钥匙相对与车的位置
- 3、按照CCC应用协议，采用ToF测距工作方式

基于IEEE 802.15.4z的UWB TDoA定位 场端系统——聚星

场端发射UWB信标、终端解算，最大特点为，终端与场端无连接，终端仅单向接收场端信号即可定位（类GPS），终端数量无限制，终端解算，延迟小，同时场端设备全无线同步，安装方便。



上汽荣威、大通 前装零部件SOP (鹰眼TDoA Ver.2019A)
全球唯一量产UWB高精度定位OEM部件供应商

地下车库、隧道、立交桥、城市卫星盲区
融合IMU、RTK (可选)、4G

主要城市商超地库覆盖

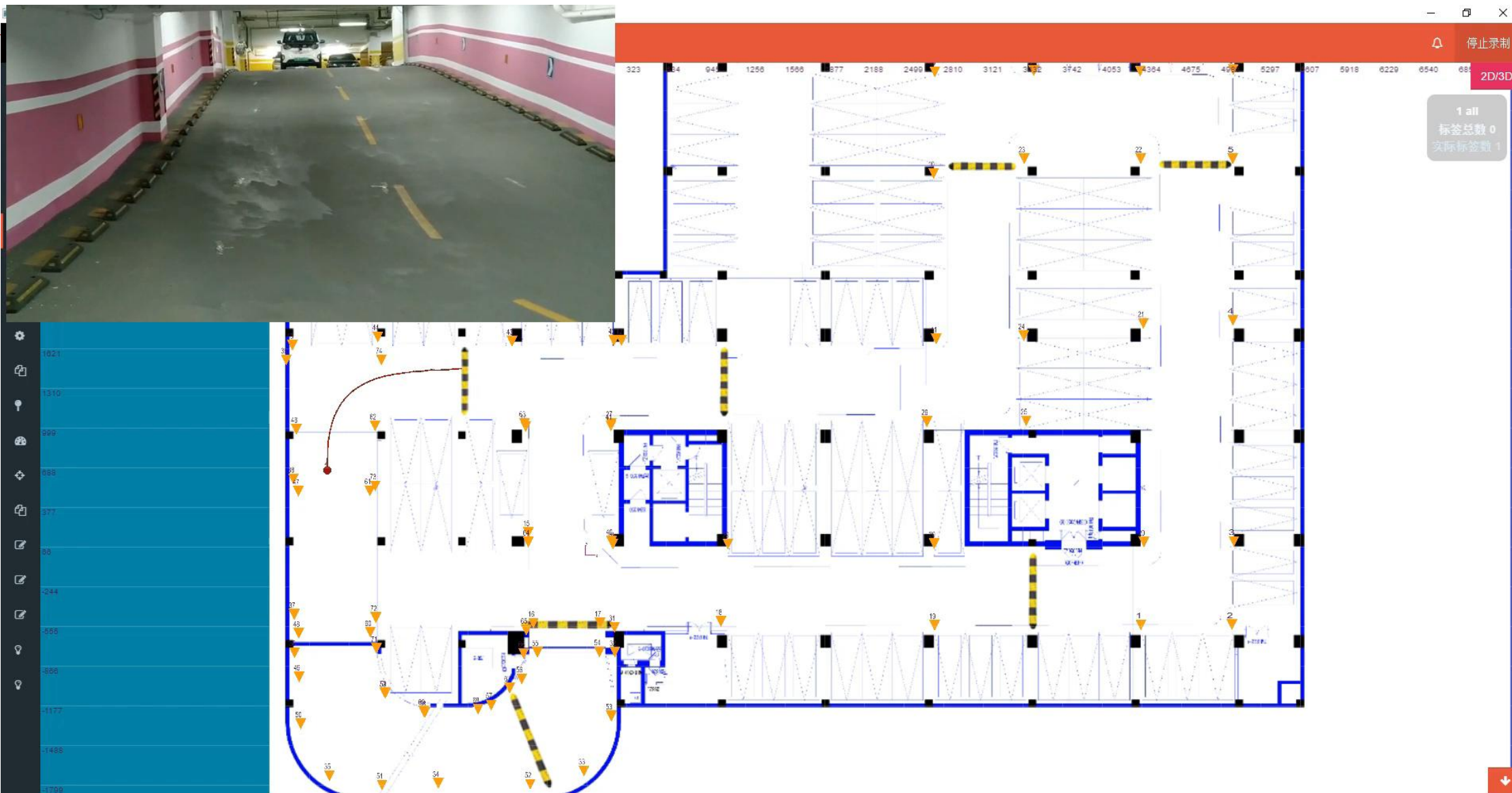
配套地图测绘 (四维图新)

兼容IEEE 802.15.4z协议设备
(OTA支持车载UWB-PEPS、手机内置4z UWB芯片解算)

注：性能参数详见附录部分



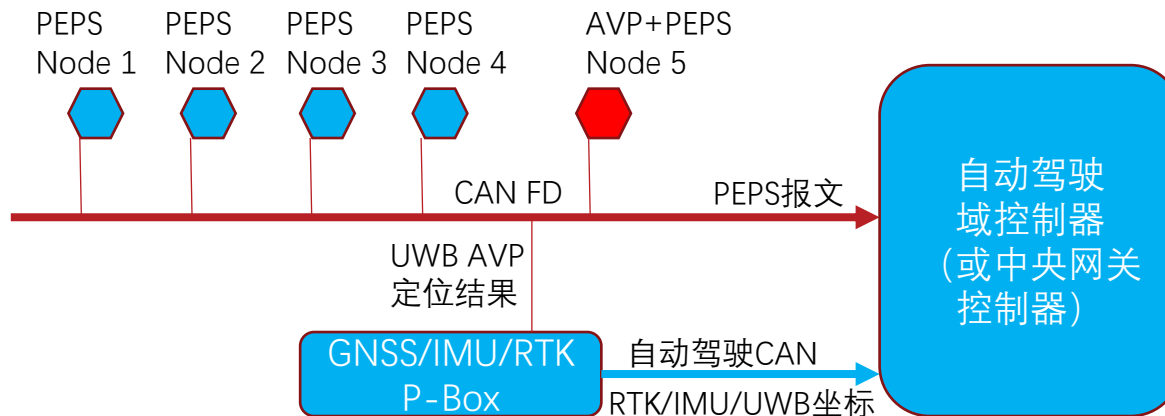
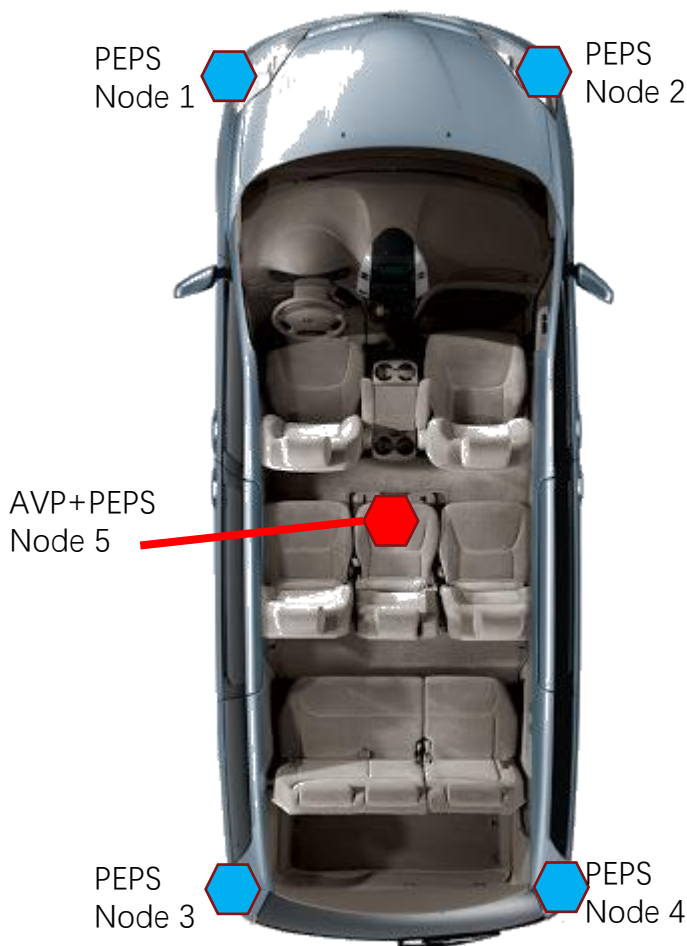
IR-UWB技术效果 1分钟感受UWB定位原始数据质量



双功能节点功能描述与信息流

1、额外成本几乎为零

2、AVP和PEPS双功能性能完全不妥协



AVP+PEPS Node 5

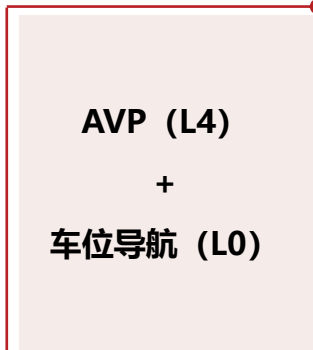
UWB AVP + PEPS第五节点功能描述：

- 1、布置在全景玻璃、鲨鱼鳍、尾翼扰流板内，尽量获取斜上方的前后左右全向视野；
- 2、通过CAN FD接受功能切换指令，工作在PEPS模式或者AVP模式；
- 3、含有UWB+BLE PEPS功能所需的全部硬件和软件；
- 4、含有UWB TDoA AVP定位功能所需的全部硬件和软件，其中29D5为自定义固件；
- 5、工作在PEPS模式下时：
 - a)对于运行在中央网关内的PEPS软件，Node 5和Node 1-2-3-4是无差别的功能节点；
 - b)Node 1、2、5共同实现对车外钥匙或者手机的PEPS唤醒、定位等功能；
 - c)Node 5在PEPS模式下的BLE、UWB收发性能应至少不低于Node 1-2-3-4；
- 6、工作在AVP模式下时：
 - a) 实现TDoA场端高精度定位，定位指标详见下页；
 - b) 内置MCU计算定位结果，坐标数据通过CAN-FD发到P-Box；
 - c) 支持接收不低于50米外的UWB路侧/场端TDoA基站的定位信号；

室内外高精度定位套件 (AVP, 地下导航)

需求场景

🎯 主机厂期望的功能

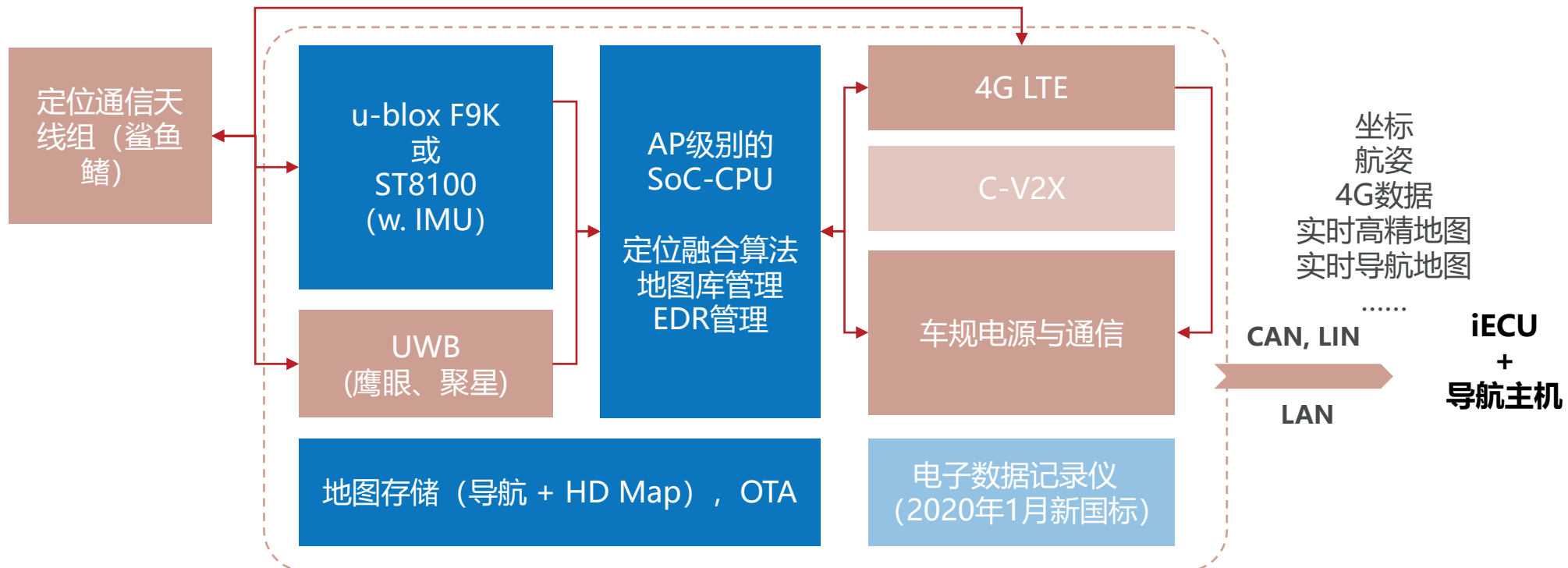


经纬度坐标和航姿

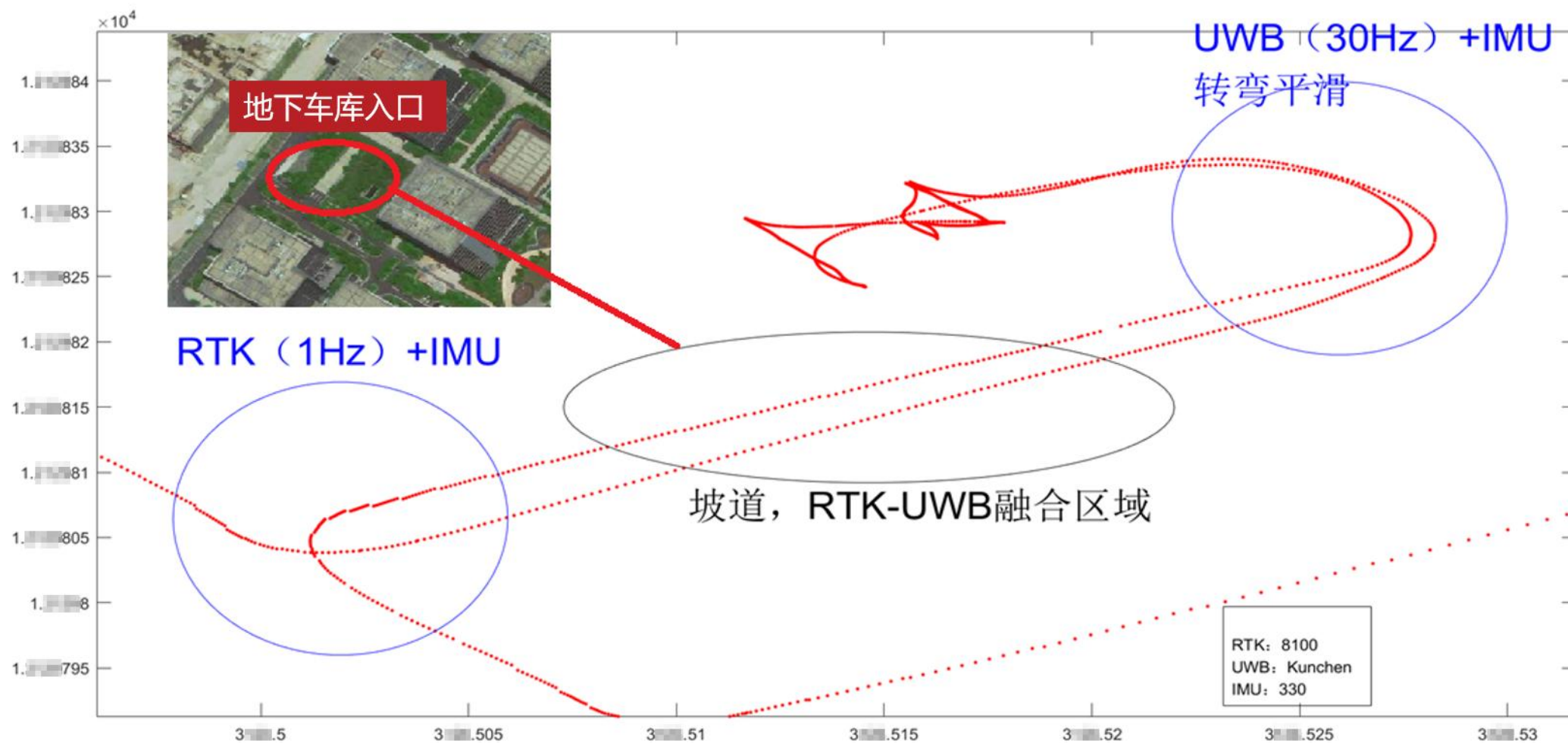
自动驾驶域控制器
/车载导航大屏

*室内外AVP套件的产品形态使得非自动驾驶车辆也可应用该产品进行车载大屏导航，不局限于自动驾驶的车型，市场空间巨大

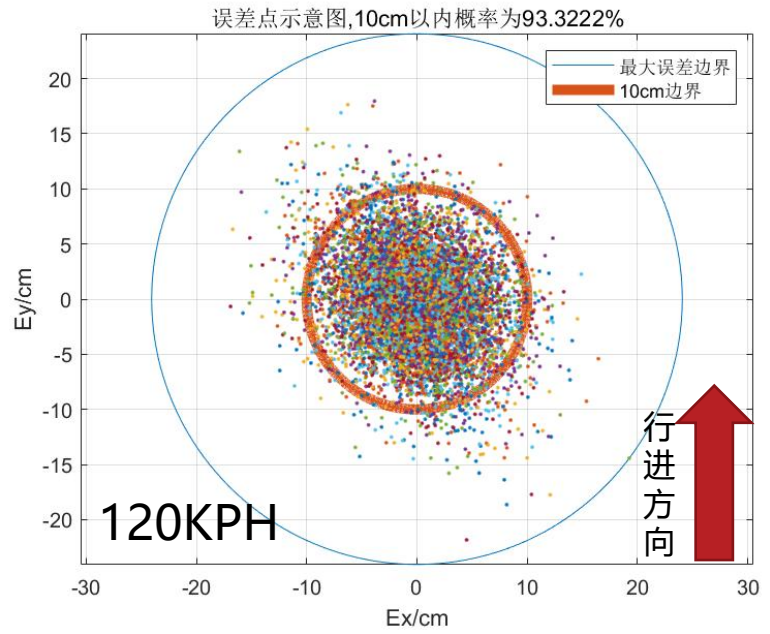
车载部件结构



RTK+UWB+IMU工程样机输出数据



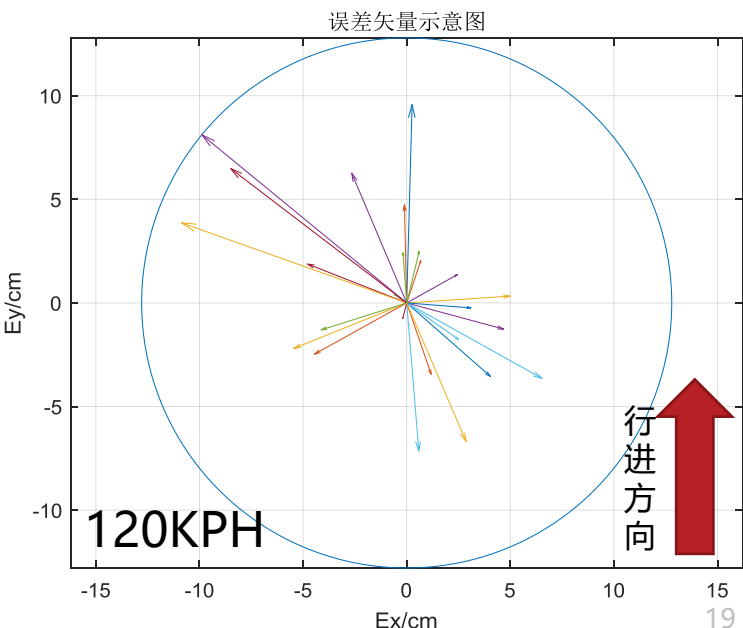
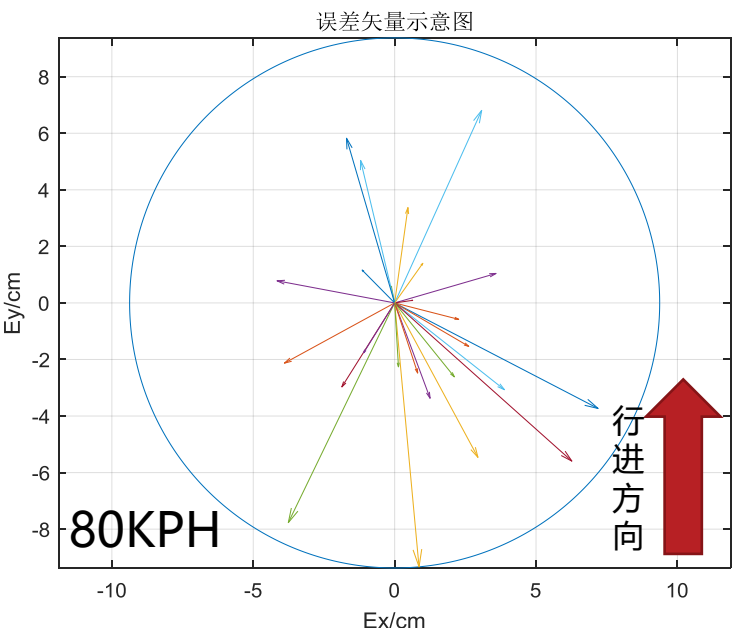
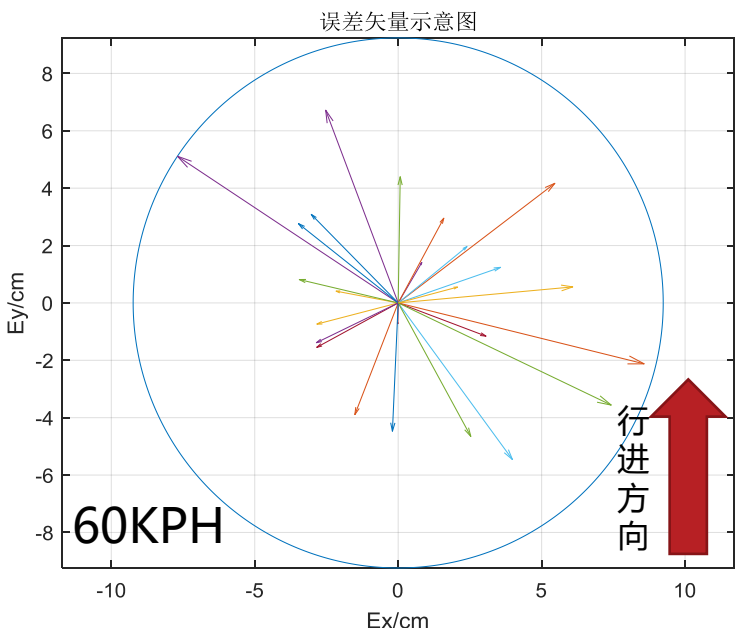
实时性分析 聚星TDoA 方案



全系统定位数据实时性拆分:

- (1) $T_s = 100\mu s / 50\mu s \times 3$: 基站UWB信标轮发间隔
- (2) $\sigma = 5\text{cm}$: 单个信标测时误差符合 $N(0, \sigma)$ 分布
- (3) 车端计算耗时 $< 5\text{ms}$

注: 北京智能网联测试场实车验证



04

UWB车场协同定位 的商业化思考

面对技术成本挑战

拆解UWB定位系统成本项

车端成本:

UWB收发硬件:

0元 (复用PEPS硬件)

UWB TDoA解算软件:

小额License, NRE

场端建设成本:

UWB场端基站

基站供电与数据网

车位信息摄像头 (可选)

辅材与人工

年运维费用

(以典型商场100%覆盖

为例)

低于一家奶茶店的加盟费用

地库建设ROI测算

年度订阅收费:

某车销往C城市, 考虑用车习惯, 仅需订阅本地地库的年费

服务内容:

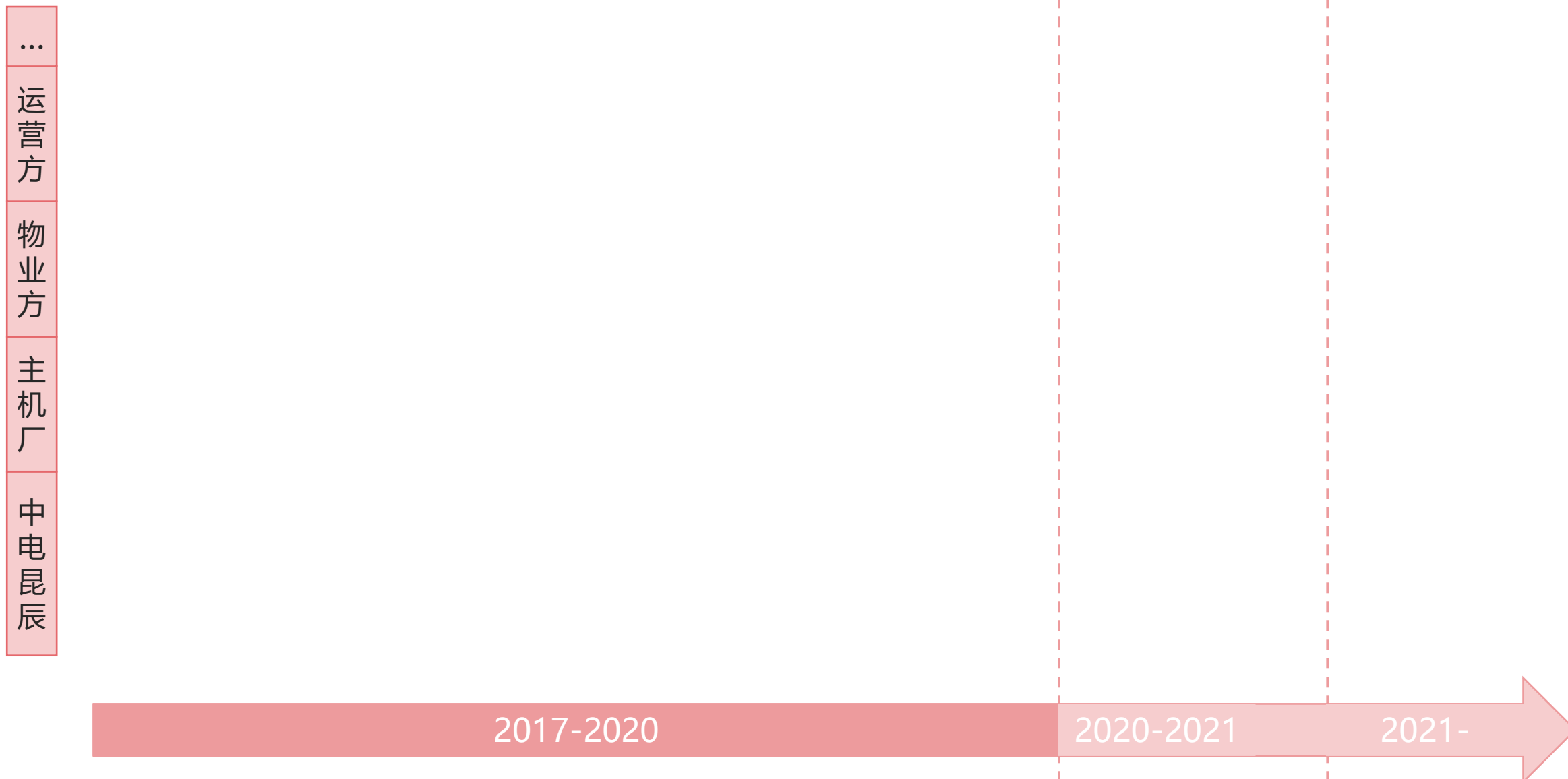
- 1、 $3\sigma=10\text{cm}$ 的高精度UWB定位, 50Hz刷新率
- 2、停车场内空车位的秒级动态更新
- 3、AVP级别高精度地图实时推送 (支持NDS、OpenDrive)
- 4、支持IEEE 802.15.4z移动终端

假设新车AVP订阅覆盖率5%, 次年复购率50%, 则2年ROI测算 可完全覆盖该城市的70%商超地库

标准的无线协议, 低廉的建设成本, 高质量定位数据

解决场端高精度定位需求的技术成本挑战

中电昆辰AVP生态路线图

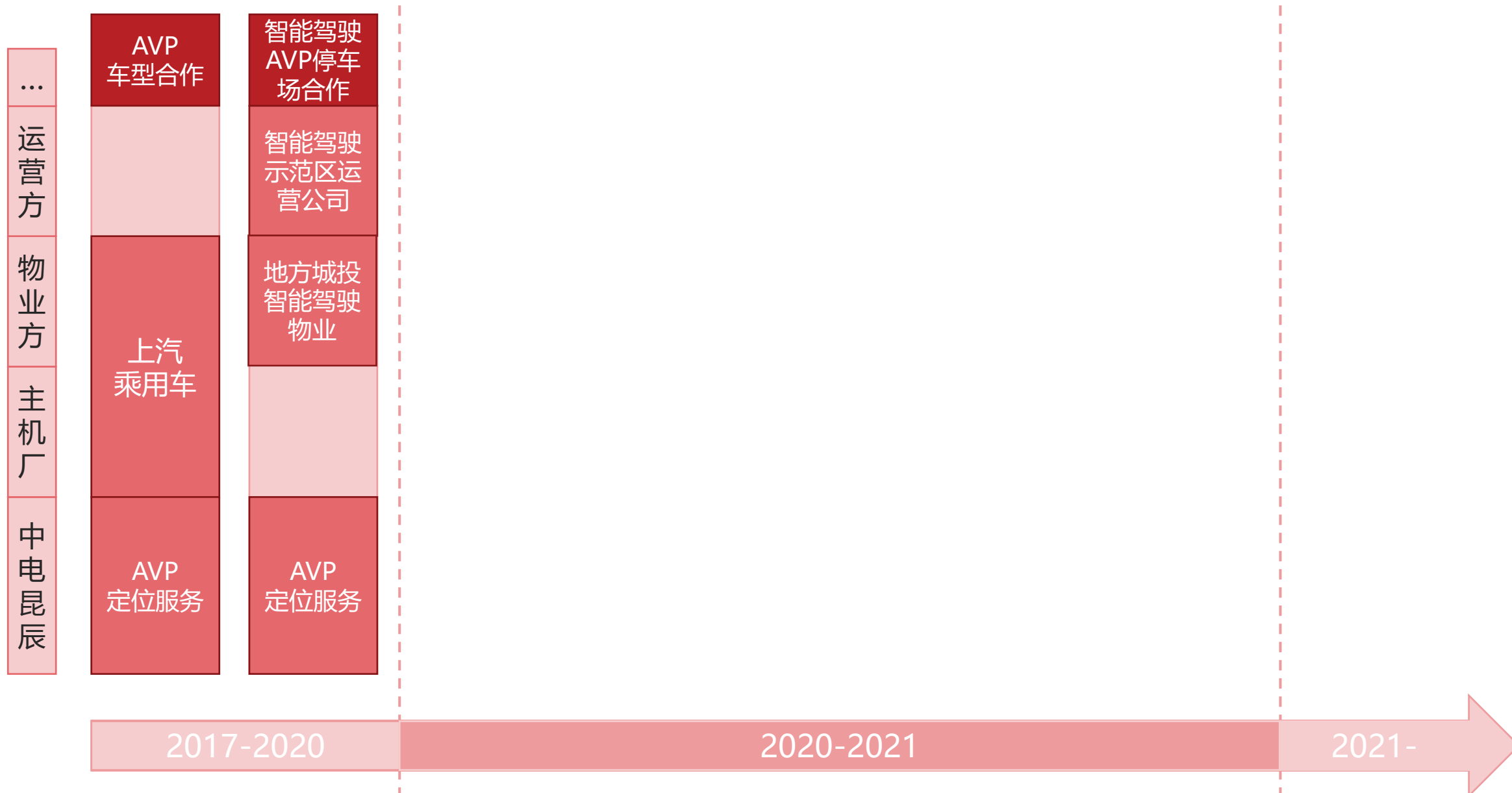


中电昆辰AVP生态路线图

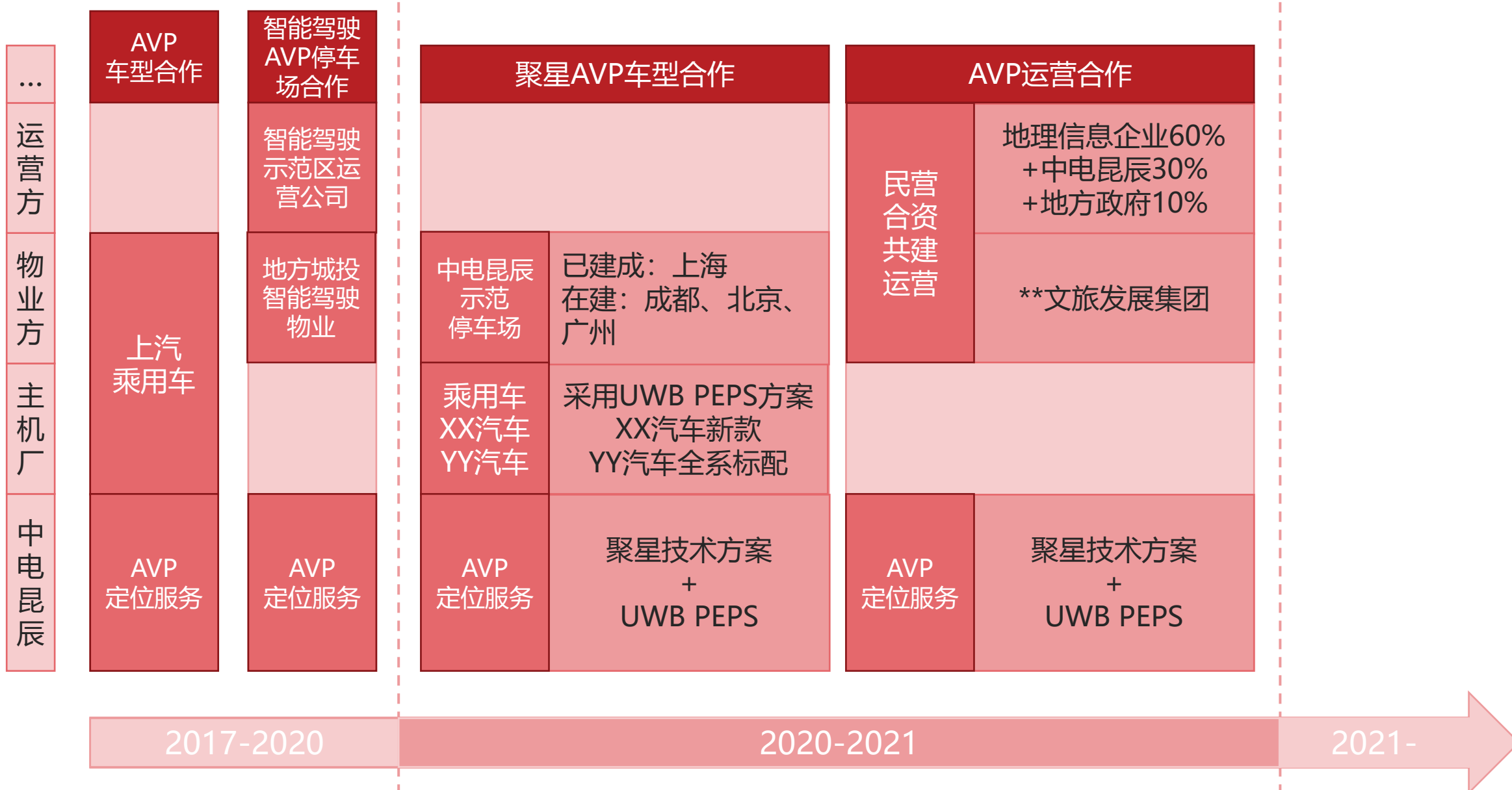
...	AVP车型合作		智能驾驶AVP停车场合作	
运营方			智能驾驶示范区运营公司	智能驾驶实验、示范道路、AVP停车示范运营、车路协同等业务
物业方	上汽乘用车	自持物业 前瞻楼、马当路等 共6处	地方城投智能驾驶物业	长沙、上海奉贤、上海嘉定、长春
主机厂		荣威 光之翼 Marvel X 全球首款AVP车型		
中电昆辰	AVP定位服务	鹰眼 10cm定位精度	AVP定位服务	鹰眼 10cm定位精度



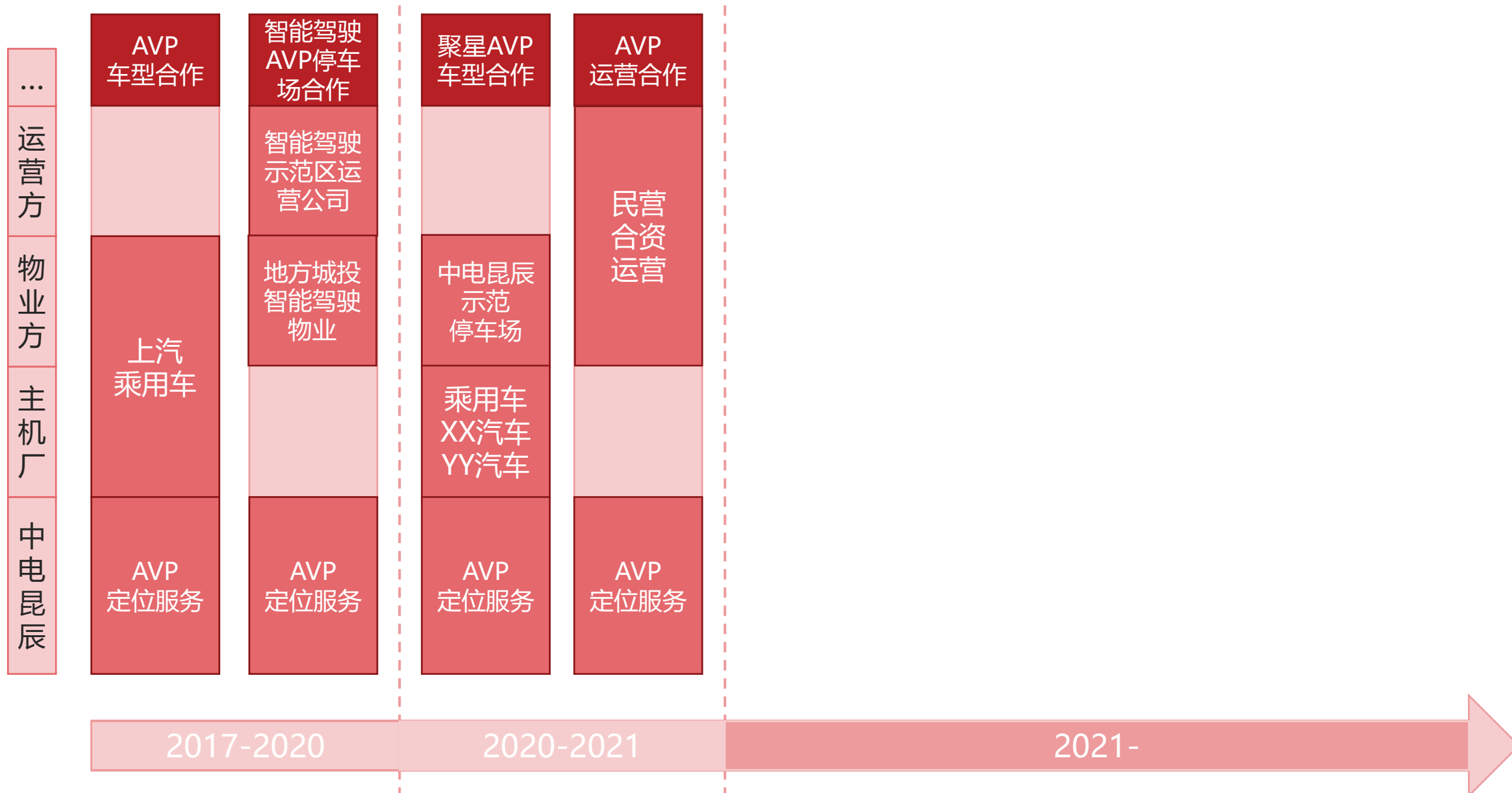
中电昆辰AVP生态路线图



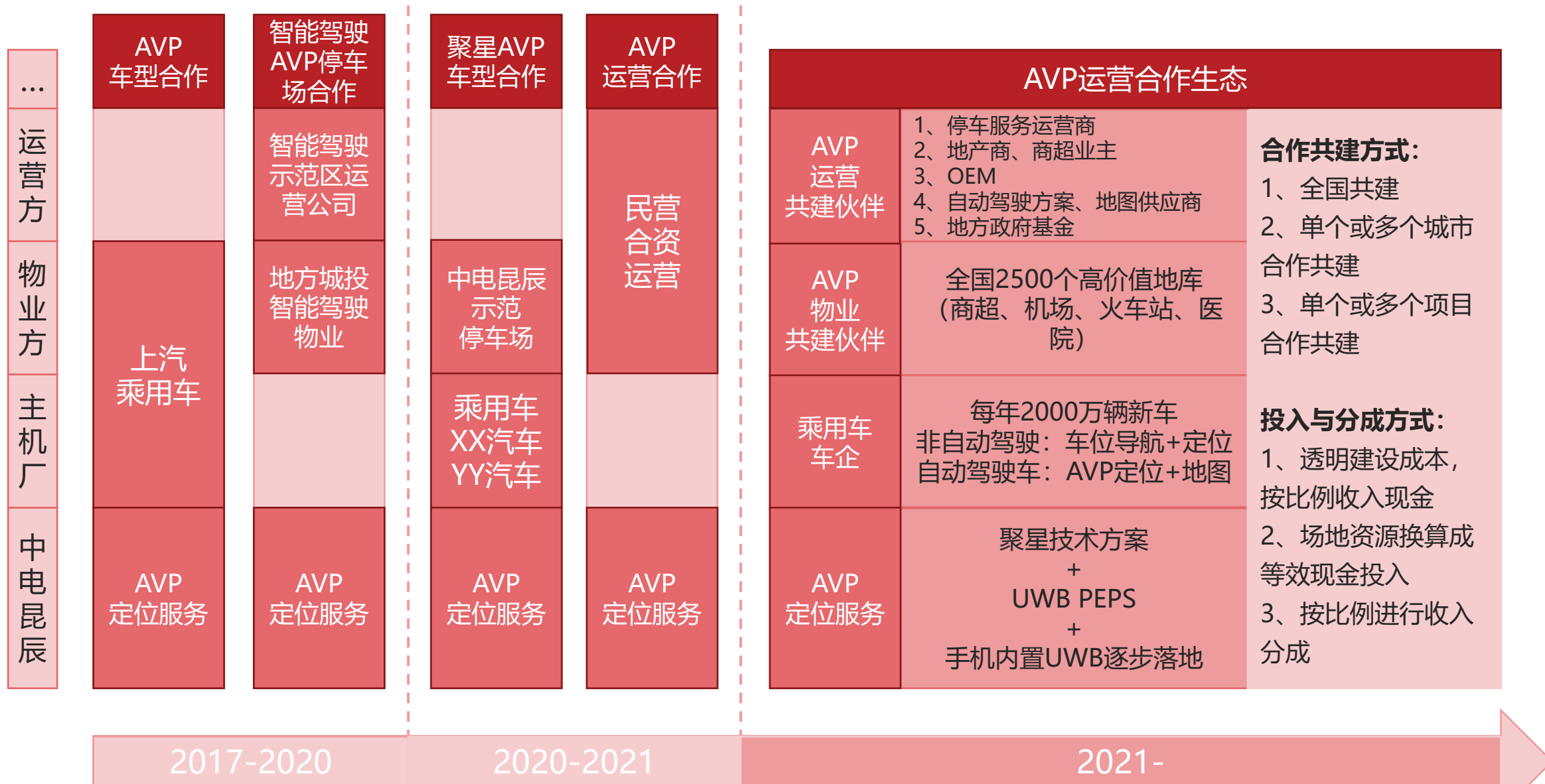
中电昆辰AVP生态路线图



中电昆辰AVP生态路线图



中电昆辰AVP生态路线图





kunchen 中电昆辰
定位 跟踪 数据挖掘

Member of Car Connectivity Consortium
and FiRA Consortium

朱晓章 17780521706
Email: zhuxiaozhang@kunchen.cc

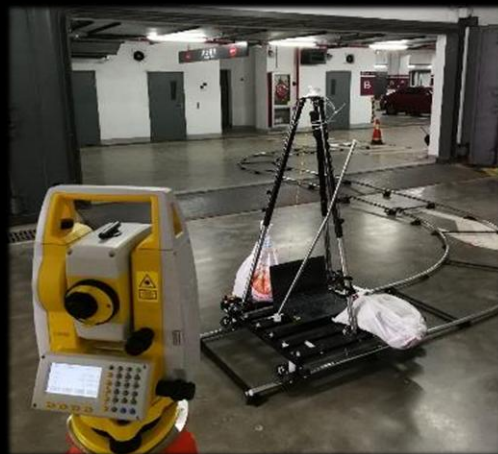
05 补充信息

	项目	指标	备注
车端	工作区域	基站视距覆盖范围内	
	定位方式	主要TDOA（昆辰私有协议）、兼容TOF（FiRa）	TDOA模式下车端仅接受信号，类似GNSS；车端数量无限制，覆盖范围大、刷新率高；
	定位精度	CEP68 < 10cm	
	航向角精度	0.2度 (1sigma, with IMU)	
	动态定位延时	<10ms	
	定位数据时间戳精度	<1us	
	授时精度	< 1ns	支持GPIO硬件授时
	刷新率	>50Hz (@同一区域任意UWB天线数量、任意车总数量) 融合后刷新率>50Hz	TDOA模式下无限个车端设备可同时定位； 一个区域不限车的数量；
	启动时间	热启动<0.2s	热启动：已经获取并加载了场端基站的星座信息； 锁定时间很短；
	置信度	支持	根据收取的基站信号GDOP+解算残差+KF状态 输出整体置信度；与协方差对应，可用于后续融合算法
	维测功能	支持场端基站状态报告 +场端设备自身维测	
	授时支持	支持从场端获取高精度授时	
	支持复用PEPS UWB硬件 (提供SDK)	支持通过CAN总线配置PEPS UWB硬件的工作模式	复用模式下，建议SDK优先部署于专用定位处理器上（RTK+IMU盒子）
支持通过CAN总线获取UWB原始空口报文 (需PEPS硬件提供适配)			
支持通过XCU或定位处理器对原始报文进行解算， 输出高精度定位数据			
场端	最大覆盖范围	> 150米 (@LOS)	TDOA模式>150米（典型车端接收机性能）； TOF模式受限于车端能力
	定位精度	CEP68 < 10cm	与车端配合
	工作模式	主要TDOA（昆辰私有协议）、兼容TOF（Fira）	
	授时精度	< 1ns	系统时钟源支持外接GNSS同步
	场端网络完好性监测	支持	后台可实时监控场端状态，包括定位精度；
	场端同步精度（TDOA模式）	优于100ps（RMS）	

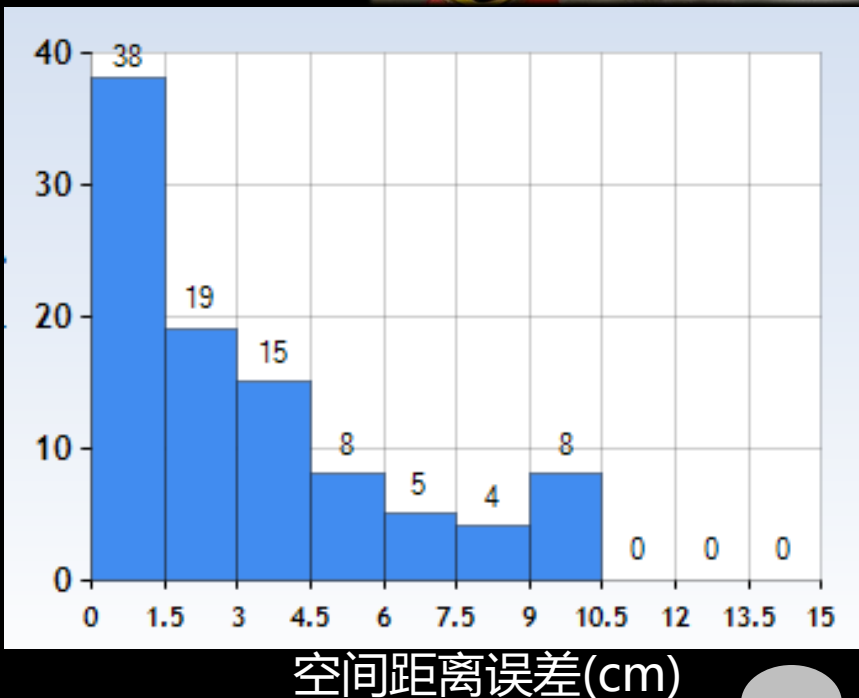


均值误差

- 测试方法：
 - 工具：全站仪、对中杆、棱镜
 - 方法：
 - 1、将定位标签放置于对中杆上；
 - 2、校准全站仪之后测量标签所在控制点的坐标；
 - 3、根据SOR要求收集足够时间的标签的定位数据
 - 4、数据分析与比对
- 分析与结论
 - 已经完成98个点的均值误差测试；
 - 空间距离超差0个点
 - 目前达标率100%，SOR要求98%



累计点个数



实测数据

车辆动态轨迹测试

• 测试方法

– 工具：轨道与轨道车、全站仪、棱镜、对中杆

– 测试方法：

- 1、沿直线或弯道布设轨道
- 2、车载设备（标签、CAN回传接收电路）放置于轨道车上；
- 3、数据记录电脑放置于轨道车上；
- 4、用全站仪测量轨道沿线坐标，确保轨道准直（直轨）
- 5、用5KM/h、10KM/h速度推拉轨道车5次往返，并记录数据；

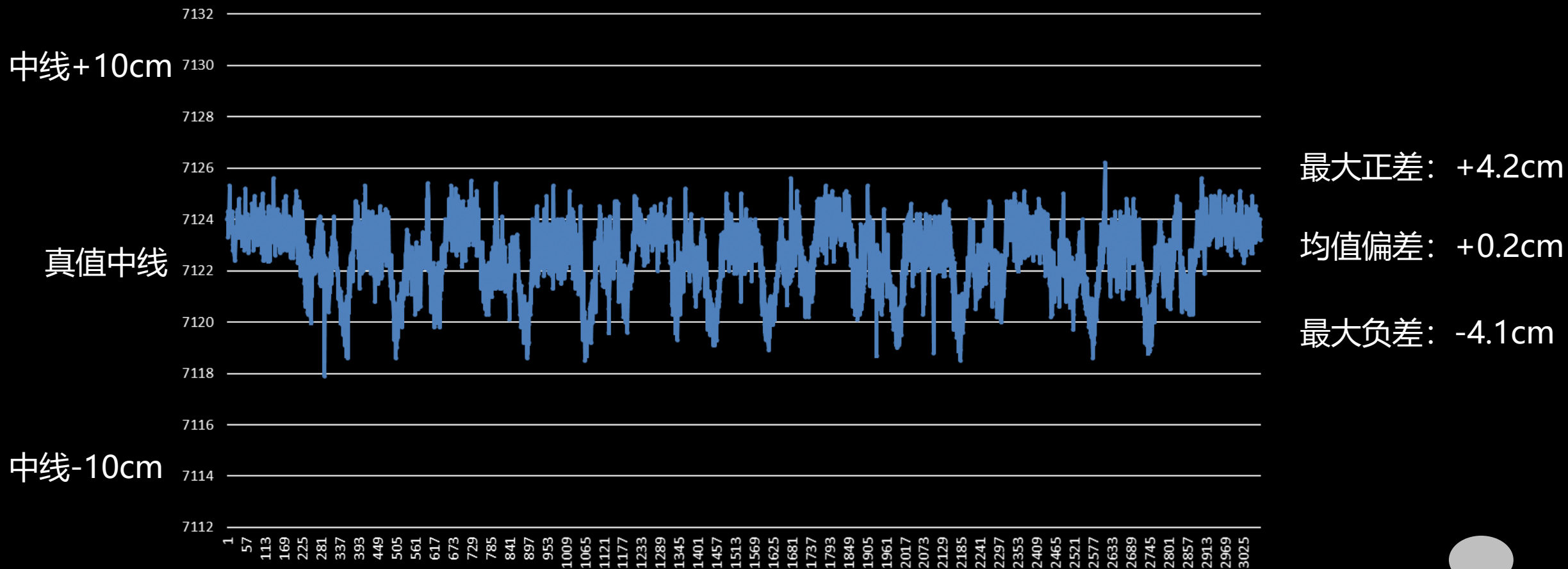
– 数据分析方法：

- 1、将数据沿轨道所在坐标轴用折线图呈现；
- 2、坐标真值作为中线（直道）、参考点（弯道）
- 3、考察测量值是否满足95%的轨迹点误差小于20cm。



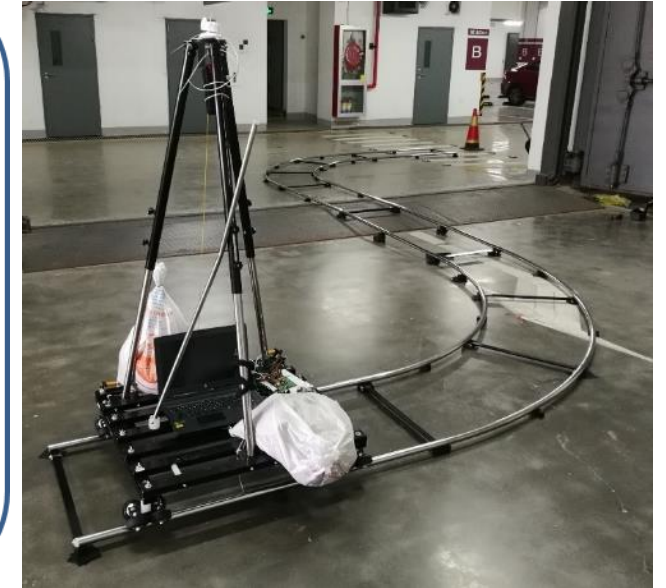
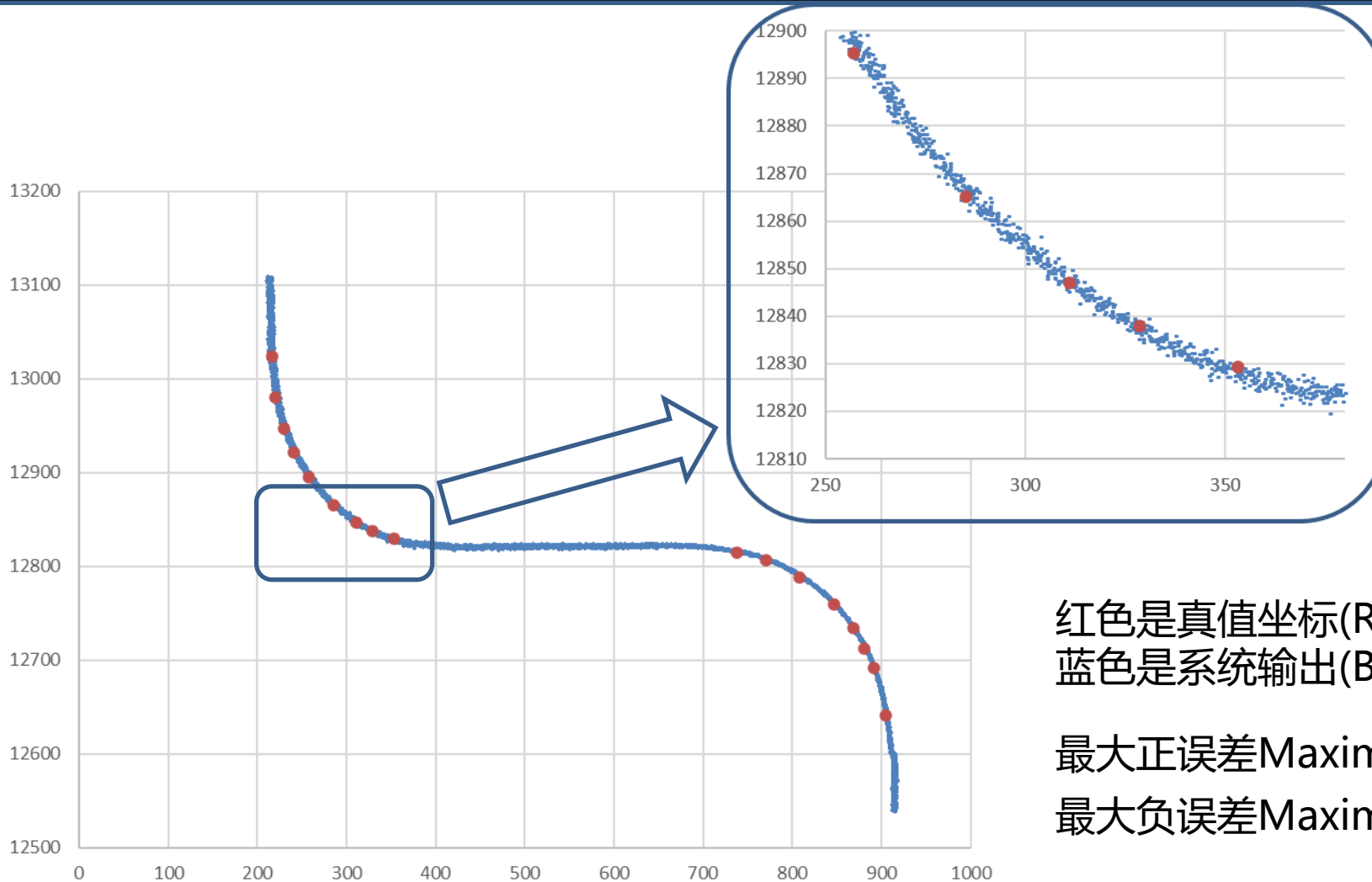
实测数据

- 测试场景示例：
 - 地点：E04-E51 车位前，直道
 - 速度：10KM/h



测试数据 Tested Data

Eagle Eye Solution for Autonomous Valet Parking - Test Data



红色是真值坐标(Red Dots as Ground Truth);
蓝色是系统输出(Blue Tracks as Measured Data).

最大正误差Maximum Pos. Error +7.5cm

最大负误差Maximum Neg. Error -1.3cm

测试数据 Tested Data

Eagle Eye Solution for Autonomous Valet Parking - Test Data

Curve #	Pos. Error	Neg. Error	Satisfaction
A19 Right Turn	4	-4.5	100%
E59 Right Turn	4.2	-10.3	100%
Exit S Curve	1.7	-0.1	100%
F44 Right Turn	-0.8	-8.6	100%
Enter Right Turn	2.8	0.8	100%

