

团 体 标 准

高速公路毫米波雷达组网技术指南

Technical Guide for Millimeter Wave Radar Networking On Highways

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国技术市场协会

发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出制修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本标准著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本标准。第三方机构依据本标准开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市丰台区万丰路 68 号银座和谐广场 1101B
邮政编码：100036

电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn

电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前 言	I
引 言	I
1 范 围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	1
4.1 一般规定	2
4.2 覆盖范围	2
4.3 处理流程	3
5 技术要求	4
5.1 航迹预处理	4
5.2 航迹关联融合	4
5.3 航迹滤波	5
5.4 模块化处理	5
5.5 输入组网系统的必要信息	6

前言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作规则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件中的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国技术市场协会交通运输专业委员会提出，由中国技术市场协会归口。受中国技术市场协会委托，由北京理工睿行电子科技有限公司负责具体解释工作，请有关单位将实施中发现的问题与建议反馈至北京理工睿行电子科技有限公司。（地址：北京市海淀区远大南街6号院鲁迅文创园4号楼；联系电话：13810501592；电子邮箱:panghongjie@ruixtech.com），供修订时参考。

主编单位：河北雄安京德高速公路有限公司、河北省交通规划设计研究院有限公司、北京理工睿行电子科技有限公司

参编单位：

主要起草人： 杨祥、何勇海、王志斌、雷伟、焦彦利、邱文利、付增辉、张龙、韩明敏、王亚州、于子洵、吴会彩

审查专家：

引言

高速公路毫米波雷达组网技术，可以快速实现探测覆盖区目标信息的关联配对以及多雷达融合区域的目标关联，保证了关联的正确性和计算的实时性，提高了单点交通毫米波雷达对目标的稳定跟踪能力，同时保证多雷达间的目标接力关联跟踪能力，实现了目标唯一ID连续追踪。

《高速公路毫米波雷达组网技术指南》分为五章：范围，规范性引用文件，术语和定义，总体要求，技术要求。

高速公路毫米波雷达组网技术指南

1 范围

本指南规定了智能路侧交通毫米波雷达在高速公路应用场景中的组网的方法以及技术规范。

本指南适用于针对高速公路场景使用的各类智能路侧交通毫米波雷达。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 20609-2023 交通信息采集微波交通流检测器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

交通毫米波雷达 traffic millimeter wave radar

交通毫米波雷达是一种发射微波毫米波频段，用于探测道路交通目标（车辆、行人等）的雷达，可以实现交通信息统计、交通事件检测、交通目标精确监测等功能。

3.2

组网技术 networking technology

雷达组网，是对多部不同频段、不同极化方式和不同体制的雷达进行适当的、合理的优化布设，对网内各部雷达的信息（点迹、航迹数据等），以网的形式收集和传递，并由中心站进行综合处理、控制和管理，从而形成一个统一的、有序的、整体的雷达系统。通过雷达组网以扩大系统的时域、频域、空域的覆盖能力，取长补短，同时发挥各雷达的优越性，实现信息共享。

4 总体要求

交通毫米波雷达对目标在不同维度的特征变化感知敏感,不同雷达输出各自探测范围内的目标轨迹。针对多雷达间实现连续不间断目标接力跟踪,提出了基于组网雷达的多周期多维度联合关联技术,可以快速实现探测覆盖区目标信息的关联配对以及多雷达融合区域的目标关联,保证了关联的正确性和计算的实时性,提高了单点超距雷达对目标的稳定跟踪能力,同时保证多雷达间的目标接力关联跟踪能力,实现了目标唯一 ID 连续追踪。

4.1 一般规定

4.1.1 单雷达间时钟同步

雷达宜支持网络时间协议(NTP)或精准时间协议(PTP)时间同步功能,从外部时间同步系统获得授时,时间同步误差不大于10ms。

4.1.2 多雷达间时钟同步

当多雷达间进行雷达组网时,为了防止匹配出错,应将雷达间的时钟同步误差控制在2秒内。

4.1.3 雷达覆盖盲区

为实现全路段目标 ID 唯一跟踪,雷达盲区应控制在50米以内。

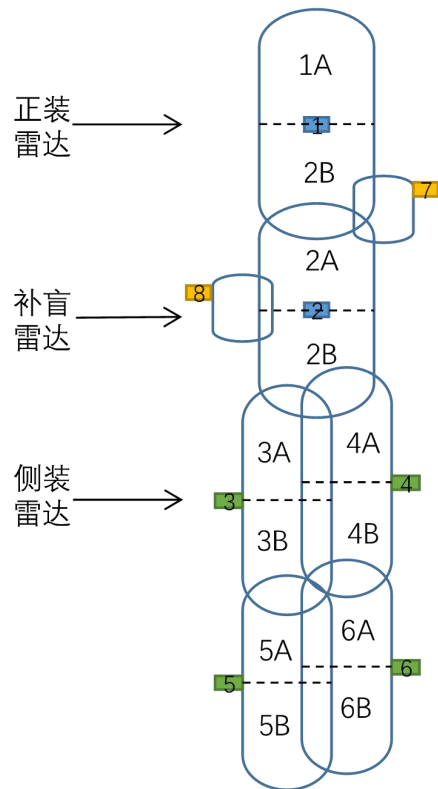
4.1.4 目标 ID 唯一概率

单雷达覆盖范围内,目前全程 ID 唯一概率应大于95%;多雷达在10公里覆盖范围内,目前全程 ID 唯一概率应大于90%。

4.2 覆盖范围

全路段所布置的雷达包括:正装毫米波雷达、侧装毫米波雷达和补盲毫米波雷达。组合布置典型情况如下:路中龙门架上由两个毫米波雷达组成,分别为下图中A区和B区。相邻两个毫米波雷达附近存在一定重叠区,重叠区大小由两个雷达布置间距而定;侧装雷达只负责来向或去向单向车道,并与路中毫米波雷达覆盖区域存在重叠区;补盲雷达与附近毫米波雷达也应存在重叠区。

雷达布设示意图：



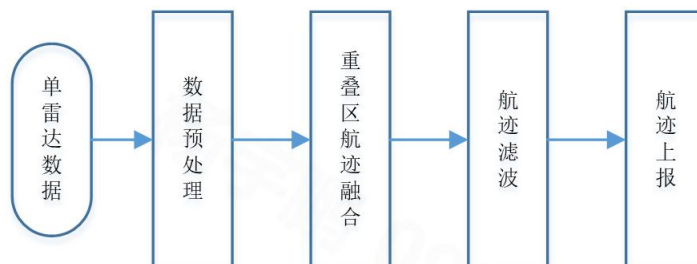
- 正装雷达
- 侧装雷达
- 补盲雷达

A：表示前向雷达威力覆盖区

B：表示后向雷达威力覆盖区

4.3 处理流程

总体流程宜按照先融合，后滤波思想进行处理。首先需要对接收到的数据进行预处理，包括时间配准、空间配准等处理；其次对重叠区进行航迹融合；然后对融合后的航迹进行滤波处理；最后整理数据并上报。处理流程如下：



5 技术要求

全路段跟踪所需要的关键技术有航迹预处理（包括时间配准、空间配准）、航迹融合、航迹滤波、模块化处理等技术，主要技术如下。

5.1 航迹预处理

航迹预处理应包括时间配准、空间配准（东北天坐标转换）处理。

5.1.1 时间配准

时间配准处理宜按照处理周期，以匀速直线运动模型，在短时间内进行差值处理，令参与融合的航迹基于同一时刻，进行 X、Y、V_x、V_y 信息的融合处理，其中 X 表示目标位置的横向位置，Y 表示目标位置的纵向位置，V_x 表示目标沿横向的速度，V_y 表示目标沿纵向的速度。

因航迹信息包括了位置信息 X、Y 和速度信息 V_x、V_y，所以直接利用目标的运动模型进行外推即可，因帧周期较短，目标位置、速度信息变化很小，可以将目标运动模型近似为短时间的匀速直线运动。即：

$$X_2 = X_1 + V_{x1} \times T$$

$$Y_2 = Y_1 + V_{y1} \times T$$

$$V_{x2} = V_{x1}$$

$$V_{y2} = V_{y1}$$

其中 T 表示单雷达时间与基准雷达时间的差值。

5.1.2 空间配准

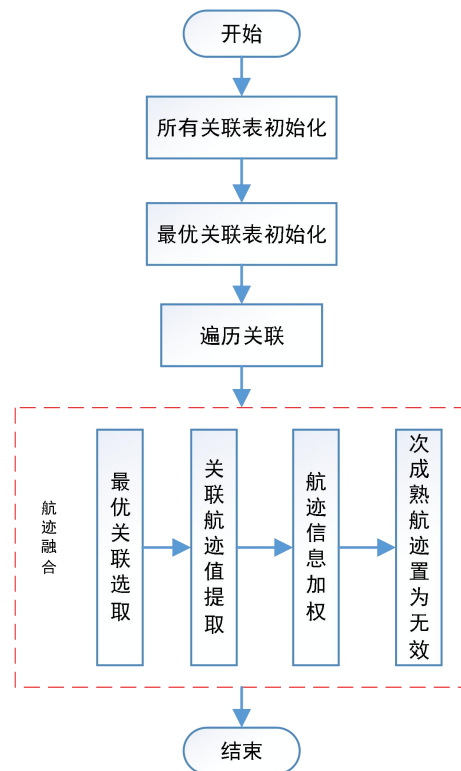
空间配准处理宜按照处理周期，对接收到的各单雷达航迹进行坐标转换，将各自的 X、Y、V_x、V_y 信息，转换到同一坐标系下，便于后续融合处理。

因为各雷达是以各自阵面法线为 y 轴，阵面平行方向为 x 轴，而建立的坐标系，输出的航迹的参考系各不相同，不能进行航迹融合处理，所以需要转换到一个统一的坐标系下进行处理。对于全路段融合来说，有的路段是直路，有的路段是弯路，最理想的坐标系是东北天坐标系。

5.2 航迹关联融合

由于是在东北天坐标下进行航迹关联，所以可采用椭圆形波门对目标的位置信息进行关联。不同路段路的偏北角不同，波门需要根据不同路段进行转换。通过航迹的位置信息 X 、 Y ，速度信息 V_x 、 V_y 进行椭圆波门关联，并进行权重计算，权值= $\Delta R/\delta R+\Delta V/\delta V$ ， δR 为距离分辨率， δV 为速度分辨率。

首先生成一组所有关联链表和一组最终关联链表，对所有重叠区航迹进行关联配对，将所有关联完成的航迹对儿放到所有关联链表中，然后通过最优挑选策略确定最终的关联航迹对儿，并放入最终关联链表中。最终通过航迹质量，对所有确定的关联航迹对儿进行信息加权，得到该帧周期的融合航迹信息，作为后续滤波处理的输入。



5.3 航迹滤波

由于雷达固定，车辆是运动的，雷达的量测是航迹信息，包括 X 向距离、 Y 向距离、 X 向速度、 Y 向速度，输出航迹也为这四个信息，航迹跟踪通常可采用合适的滤波算法。该滤波需要保证每条车辆航迹在车道中平稳地行驶，同时对车辆加减速、变道等动作反应灵敏，能够实时反应出其真实状态。

5.4 模块化处理

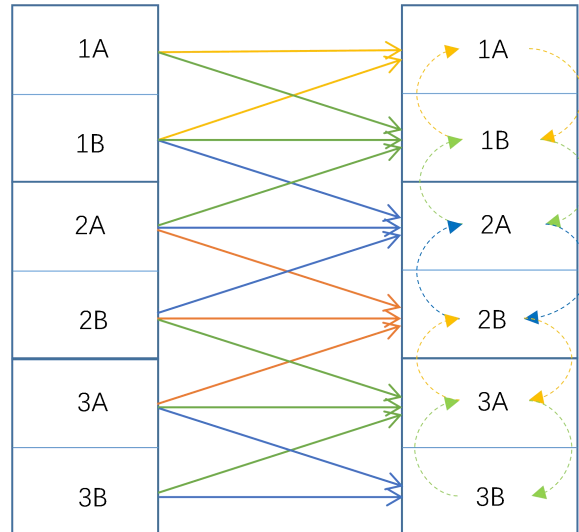
模块化处理应能提高系统的计算能力，同时增强对系统的纠错能力。对于大量数据进入组网系统时，应使各个模块并行处理，有效降低数据处理的时延，提升数据准确率。

全路段多目标跟踪时，雷达数量和目标数量均较多，串行处理的方式不能满足实时性的需求。所以应该采用并行处理设计，将雷达数据从空间上分开，实现每个模块可以并行处理。

将不同雷达的数据存储到指定的存储区域，如下图所示，以三组雷达为例，A 表示前向毫米波雷达目标数据，B 代表后向毫米波雷达目标数据。将每个雷达数据按照顺序，内存相邻进行存储。航迹信息预处理时，此时各雷达航迹相互独立，实现各雷达的并行处理。在航迹信息融合阶段，只在相邻雷达的 A 区和 B 区进行融合。融合后，关联航迹中航迹质量高的航迹节点保留，并重新赋值为融合后的航迹信息，航迹质量低的航迹则删除。在卡尔曼滤波阶段，按照单个毫米波雷达区域为单位进行并行处理，滤波关联时只在本毫米波雷达区域和相邻两个毫米波雷达区域进行关联，滤波后的航迹按照被关联的融合航迹区域进行存储空间搬移。

融合数据存储分布:

融合航迹存储分布:



5.5 输入组网系统的必要信息

输入组网系统的信息应包括：目标 ID、目标当前车道号、目标类型、目标长度、目标宽度、目标高度、纵向距离、横向距离、纵向速度、横向速度、目标偏航角、目标经度、目标纬度、目标高度。