

# 定位技术在车辆防撞中的应用研究

徐明毅

武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉

Email: myxu@whu.edu.cn

收稿日期: 2020年11月10日; 录用日期: 2020年11月21日; 发布日期: 2020年12月4日

---

## 摘要

为减少因视线不佳导致的汽车碰撞事故, 提出结合超声波和红外线进行测距, 使车辆行驶时保证相互间的安全距离, 该方案具有成本低廉、简单可靠的优点。进一步提出融合GPS和5G定位技术, 使无线基站和低轨卫星互为补充, 打造广域无缝覆盖的通信和定位网络。通过定位汇聚和分发过程, 使参与交通的车辆能准确感知周边车辆的位置, 从而达到防撞效果。这为汽车自动驾驶技术的推广扫清了安全障碍, 使汽车朝电动化、网联化、智能化、共享化的方向加速发展。

## 关键词

汽车, 碰撞, 定位技术, 超声波, GPS, 5G

---

# Research on the Application of Positioning Technology in Vehicle Collision Avoidance

Mingyi Xu

School of Water Resources and Hydropower Engineering, Wuhan University, Wuhan Hubei

Email: myxu@whu.edu.cn

Received: Nov. 10<sup>th</sup>, 2020; accepted: Nov. 21<sup>st</sup>, 2020; published: Dec. 4<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

In order to reduce vehicle collision accidents caused by poor vision, the combination of ultrasonic and infrared ray is proposed for distance measurement to ensure safe distance between vehicles when driving. This scheme has the advantages of low cost, simplicity and reliability. Furthermore, GPS and 5G positioning integration technology is proposed to build a wide-area seamless communication and positioning network with complement of wireless base stations and LEO satellites. Through the positioning convergence and distribution process, vehicles participating in traffic can

accurately sense the position of surrounding vehicles, so as to achieving the anti-collision effect. This clears the safety barrier for the promotion of auto-driving technology, and accelerates the development of vehicles towards electrification, networking, intelligence and sharing.

## Keywords

Vehicle, Collision, Positioning Technology, Ultrasonic, GPS, 5G

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

现代社会离不开汽车这一交通工具，但由此带来的交通事故也接连不断，特别是车辆相撞常常造成严重的生命财产损失。如 2012 年 6 月 3 日的沈海高速特大交通事故，当日清晨 5 时 20 分至 40 分，沈海高速公路盐城开发区段，因突发团雾，双向车道相继发生共约 60 辆机动车追尾事故，共造成 11 人死亡，30 多人受伤。一般规定在能见度 30 m 以下高速公路都要封闭，但局部出现的团雾难以预测，故出现局部能见度很差情况时，驾驶员视线受阻，极易导致车辆相撞事故，造成严重损失。要杜绝此类事故发生，除了加强高速公路管理外，还需要考虑采取必要的技术措施。

防止车辆碰撞可从车与车协同的角度考虑，如果车辆能互相告知自身的精确位置，则保持相互间的距离将较容易实现，这需要精确定位技术的辅助。定位就是对空间位置的感知，是在空间中自由活动的必要条件。从古代远洋航海罗盘，再到现今每个电子终端都有的 GPS，定位技术可谓无处不在。人类利用视线交汇来定位远近，利用耳朵听音来分辨方位，利用手脚触觉来感知周边环境。在大海中航行可以运用航海图和星象图，利用视觉图像的比较来定位，而罗盘则是利用地球的磁场进行方向测定。发展到现代，从陆基无线电导航过渡到 GPS 定位，以及无线基站定位、WIFI 定位和蓝牙定位等，主要是利用无线电波的传播特性，而红外线定位、视觉定位等则主要利用光线的直线传播特性，惯性导航是利用力学惯性特性，多普勒导航是利用相对速度引起的波动频率变化特性。各种定位技术可谓五花八门，都有其适用的条件，随使用要求和经济代价进行选择。

定位技术和互联网技术在车辆中的联合应用能够初步实现车与车协同的效果，使车辆之间保留足够的安全距离，一般来说，只要达到亚米级(<1 m)的定位精度，就可以使车辆较准确地感知周边其它车辆的位置，从而防止出现碰撞事故。本文首先考虑经济实惠的超声波和红外线联合的定位方案，可以初步达到汽车的防撞效果。进一步，考虑到现代通信技术的飞速发展，采用 GPS 和 5G 融合的定位方案，同时解决高精度定位和高速信息互联的要求，使汽车能通过“群体智能”来协调车与车之间的空间位置从而达到防撞效果。在防撞问题解决后，就能够对车辆驾驶提供基本的安全保障，便于顺利推进方兴未艾的汽车自动驾驶技术的发展，逐步实现汽车的交通进化，为打造低碳节能的可持续发展社会作出贡献。

## 2. 超声波定位

### 2.1. 超声定位原理

声呐技术属于一种利用声波进行工作的技术，分为主动声呐和被动声呐。前者像雷达一样，不停地

向外发射声音信号，根据回波判断目标性质。后者不主动发射信号，只接收目标发出的声音信号。被动声呐因为不发射信号，主要用于隐蔽侦察。当声呐信号被两个以上的接收器听到后，已知声波传播速度和两个接受端的声程差或相位差，可以进行声呐系统定向。

自然界中蝙蝠和海豚都能利用超声波来运动和捕食，属于主动声呐。蝙蝠在飞行的时候，喉内能够产生超声波，当超声波遇到昆虫或障碍物而反射回来时，蝙蝠能够用耳朵接受，并能判断探测目标是昆虫还是障碍物，以及距离它有多远。人们通常把蝙蝠的这种探测目标的方式，叫做“回声定位”。蝙蝠回声定位的精确性和抗干扰能力对人类的声呐雷达技术具有重要的参考价值。

由于超声波在空气中的衰减较大，传播距离一般只有几十米，使得超声波定位只适用于较小的范围。短距离的超声波测距系统精度为厘米级，已用于室内定位和场地定位。如汽车驾驶考场，将发射装置置于汽车上，跟随汽车运动，接收系统可在电脑上描出汽车行驶的轨迹，从而可以通过电脑自动判断汽车驾驶员是否合格。

由于声波的传送速度远低于电磁波，所以实现系统的时间同步较为简单。采用无线电或者红外线等方式发送信标，同时开启超声波的发射，接收器接收到信标信号后开始计时，当超声波信号到达接收点时，接收器停止计时。根据计时的时间差计算出定位物体到各个接收点的距离，然后再利用三边定位等方法可得到定位物体的坐标。

## 2.2. 三边超声定位

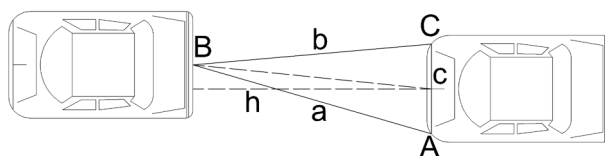


Figure 1. Ultrasonic positioning of vehicles  
图 1. 车辆超声定位

利用超声波可以在车辆间进行测距定位，利用红外线发射作为计时起点，红外光和超声波同时发送，由于传播距离短，红外光的传播时间可忽略不计，接受端在接受到红外光后开始计时，然后根据超声波到达的迟滞时间计算距离。如图 1 所示，前车超声波发射单元为 B，后车超声波接收单元为 A 和 C，测定出 AB 之间距离为  $a$ ，BC 之间距离为  $b$ ，而 AC 之间为已知固定距离  $c$ ，这样已知三角形的三边长度，根据海伦公式，则三角形  $\triangle ABC$  的面积为

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \quad (1)$$

其中  $p = (a+b+c)/2$ 。同时，两车之间垂直距离假设为  $h$ ，则三角形  $\triangle ABC$  的面积也可表示为底和高乘积之半：

$$S = ch/2 \quad (2)$$

结合(1)式和(2)式，可求出两车间距为

$$h = 2\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}/c \quad (3)$$

两个接收端在安装时如果距离  $c$  不够准确，可进行校准，即假设发射和接收端的间距  $h$  为已知， $a$  和  $b$  通过测定后为已知，而  $c$  为未知，则可计算

$$c = 2\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}/h \quad (4)$$

将  $c$  的初始值代入(4)式, 通过反复迭代就可得到  $c$  的准确值, 然后将校准后的  $c$  值作为已知, 随时可用(3)式计算两车的间距。用两个接收头除了可得到两车间距之外, 还可通过三角形余弦定理计算一个发射头和两个接收头构成的三角形的内角, 从而精确定位前车发射头的位置。

参考倒车超声雷达的提示, 根据超声波到达的迟滞时间可定义车辆防撞的报警级别, 如超过 0.1 s, 则距离前车超过 34 m, 可认为属于安全距离, 不提示。在 0.01~0.1 s 之间, 设置不同的提示级别。若短于 0.01 s, 则距离前车在 3.4 m 内, 有相撞危险, 连续蜂鸣报警。当然, 结合车辆的当前速度来设置警示级别将更为合理。

### 2.3. 简易超声定位

从节省成本考虑, 可以只用一个发射头和一个接收头来实现简易的超声定位。前车后端安装发射头, 后车前端安装接收头, 前车以 0.2 s 的间隔时间同时发送红外信号和超声信号, 后车根据红外信号和超声信号的时间差得出两车距离  $d$ , 并近似将此斜线距离作为两车间距, 然后结合后车的速度  $v$  来判断是否处于安全范围。由于后车的速度越大需要的安全距离越大, 故可简单根据表达式:

$$v/d < k(v) \quad (5)$$

来判断是否需要报警, 其中  $d$  的单位可取为 m,  $v$  的单位可取为 km/h。  $k$  根据安全需要设定为合适的值, 可表示为速度  $v$  的函数, 如简单取为固定值 1 时, 若后车速度为 60 km/h 时, 则需要的两车安全距离至少为 60 m, 距离小于此值则报警, 这可以防止前车突然减速为零的意外情况发生。这样在极端情况下, 考虑到人的反应时间在 0.1~0.2 s 左右, 扣除后剩余的有效制动距离仍然能保证安全。

为使超声检测只对当前车道的前后车发生作用, 可考虑限制前车的超声扩散角度, 防止在距离较近时干扰其它车道的后车。为使红外光发射距离较远, 可采用对雾穿透性较好的波长范围。内陆雾通常为辐射雾, 此时选用远红外光传输损耗较小[1]。

超声波的传播速度受空气的密度等因素影响, 空气的密度越高则超声波的传播速度越快, 而空气的密度又与温度等有着密切的关系。例如当温度为 0°C 时超声波速度是 332 m/s, 30°C 时是 350 m/s, 速度差别为 18 m/s, 这使超声测距的精度受到影响, 但满足初步的车辆防撞要求还是可以的。

汽车的超声定位防撞方案的优点是设备简单、经济实惠、无需网络, 可作为车辆防撞的基本保障。但缺点是探测距离短, 只适用于前后车跟随, 无法定位更多的车辆位置, 要做到完整的车与车协同, 必须采用全局定位技术和信息互联技术。

## 3. GPS 和 5G 定位

### 3.1. GPS 定位

利用卫星在全球提供导航定位功能的系统 GPS(Global Positioning System)首先由美国建成, 利用该系统, 用户可以在全球范围内实现定位、测速、授时等功能。GPS 工作卫星由分布在 6 个倾角为 55° 的中圆轨道上的 24 颗卫星组成, 每个轨道间互成 120°, 轨道高度 20,200 km, 其中 21 颗为可用于导航的卫星, 3 颗为活动的备用卫星。GPS 定位原理为: 导航卫星向地球表面连续发送信号, 其中包括信号的准确发射时间和卫星在不同时刻在空间的位置, 地球上任一用户根据接收到的卫星信号到达次序, 由卫星在某一时刻的精确位置就可推算出自己所在空间坐标。理论上只要同时接收到 4 颗卫星的信号就可定位, 多于 4 颗则可提高定位精度。

我国的北斗三号系统由 3 颗静止轨道卫星、3 颗倾斜同步轨道卫星和 24 颗中圆轨道卫星共 30 颗卫星组成[2] [3]。3 颗静止轨道卫星位于东经 80°、110.5°和 140°, 3 颗倾斜同步轨道卫星的倾角为 55°, 24

颗中圆轨道卫星平均分配于 3 个轨道面上, 轨道高度为 21,528 km, 倾角为 55°。2020 年 6 月 23 日, 我国在西昌卫星发射中心成功发射了北斗三号系统最后一颗全球组网卫星, 7 月 31 日正式开通全球服务。另外, 还有俄罗斯的 GLONASS 以及正在试验并组网的欧洲 Galileo, 一起构成了当今世界的四大卫星导航定位系统。GPS、BDS、GLONASS、Galileo 使用不同的卫星轨道, 如果对它们进行组合应用, 可以有效提高卫星定位服务的精度, 这是卫星导航应用发展的一大趋势[4] [5]。

北斗三号卫星导航系统在全球的定位精度优于 10 m, 在亚太地区单点定位的精度可达 2.5 m, 已经可以满足一些基本场景的需求[6]。在单点定位过程中, 卫星导航电文从卫星发送到接收终端会由于大气层折射和设备固有误差等因素, 使得定位精度降低。为消除误差影响, 可以选取地质条件坚固的地点建设基准站, 对卫星导航信号进行实时观测。通过这些位置已知的参考点的观测数据, 辅以差分解算技术如 RTK (Real Time Kinematic), 可以剔除设备的误差影响, 并计算出电离层和对流层的误差修正参数, 从而可以提升终端的动态定位精度至亚米级、厘米级, 静态可达到毫米级。高精度 GPS 定位服务已扩展到越来越多的领域, 如在高速铁路精密工程测量中得到采用[7]。

由于大气层模型参数在一定范围内差别较小, 对于地面增强系统中所部署的基准站, 其单站的覆盖半径通常为 30~50 km, 且定位精度随站间距的增加而降低。例如国内已投入商业运营的千寻位置公司在全国已部署了超过 2000 个基准站, 其中南方的部署较密, 定位精度可达到厘米级, 北方的部署密度较疏, 定位精度可达亚米级, 已能为汽车辅助驾驶提供服务[8]。

### 3.2. 5G 定位

全球导航卫星系统 GNSS (Global Navigation Satellite System)覆盖面广, 支持设备数量不受限制, 但缺点是信号强度弱、穿透力差、易受干扰, 在城市、峡谷、室内、地下等环境下无法提供广域无缝的定位服务。而无线通信系统具有覆盖范围广、使用成本低、可靠性高等优点, 利用通信系统进行定位, 实现通信导航一体化, 可有效弥补卫星定位的不足[9]。

从第四代移动通信系统 4G 开始, 加入了专门用于定位的参考信号 PRS (Positioning Reference Signal), 基于移动通信网定位的相关研究开始迅速增多。由于资源限制(如带宽、时长等), 4G 定位精度无法突破米级。随着第五代移动通信系统 5G 的到来, 毫米波、多入多出 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)、波束成形等技术为定位性能的提升带来了新的机遇, 5G 的理论定位精度也已达亚米甚至厘米级。5G 还具有低时延、高可靠、大带宽、多接入的特点, 将为万物智联提供坚实可靠的网络服务。2019 年 6 月, 中国电信、移动、联通、广电获得我国的 5G 商用牌照, 全面铺开 5G 网络建设。

5G 定位系统的实现方法是将大量的通讯基站建设到需要定位的区域, 利用通信网络形成一个具有位置功能的定位系统。通讯基站探测进入区域内的未知信标的各种参数(如信号、距离、角度、速度和方向等), 将信号送到处理中心进行处理后反馈定位结果[10]。可简单认为 5G 定位系统是卫星定位系统的地面版, 只是其中移动的导航卫星变成了固定的通讯基站。一般来说, 在测距方法下, 只需要 3 个基站就可定位, 在测角方法下, 只要 2 个基站即可定位, 如果同时结合测距和测角, 单基站也可定位。

5G 的多入多出系统利用发射端的多个天线独立发送信号, 并在接收端利用多个天线接收信号, 可以在保持带宽不变的前提下提高通信容量和频谱利用率, 也为信号提供了角度测量能力, 结合测距就可以实现单基站定位。单基站定位可有效解决强弱干扰等原因带来的可见基站数量不足的问题, 同时也可降低由建筑物遮挡等因素造成的非视距定位问题。

在复杂环境中, 单一的定位算法存在误差。如果采用多种算法和定位技术的融合, 即在网络层上利用基本定位技术结果进行第一道判断, 而其他各种定位技术测试量进行预测的混合算法, 可在不同层面反馈和判断定位数据, 有利于提高定位的鲁棒性和精度[10]。

### 3.3. GPS 和 5G 定位的融合

卫星导航系统与地面增强系统所构建的高精度定位能力虽然可覆盖较广的区域,但因遮挡存在较多定位盲点,而密集化部署的 5G 基站不仅可以有效补充卫星信号在室外的盲点,而且可以覆盖卫星信号无法到达的室内区域,因而 5G 与 GPS 在定位服务上的融合就显得恰逢其时,相辅相成,便于打造出一张室内外全场景覆盖的高精度定位网络[8]。5G 定位对时钟同步提出了较高的要求,也需要通过卫星导航系统的精确授时功能来获得。

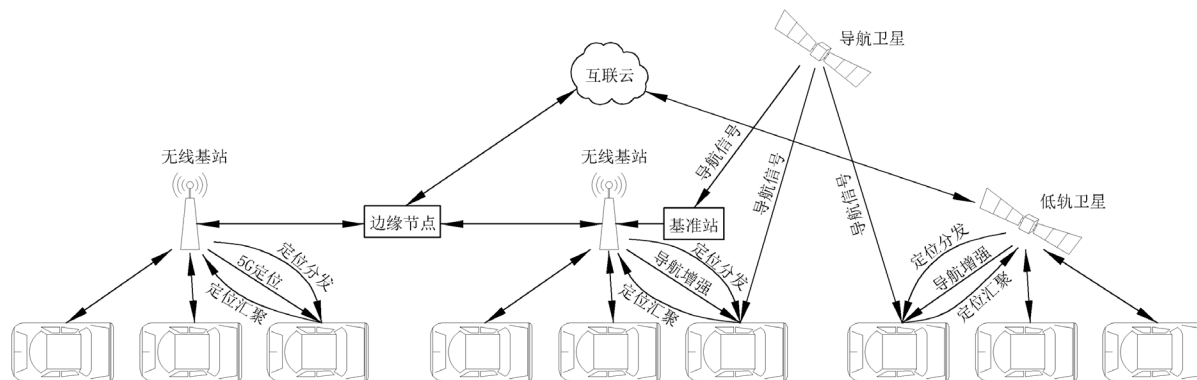
5G 接入网络与卫星导航所需的地面增强系统网络在建站维护上天然存在着融合优势,因此可以从两张网络的建设部署和运维监管上进行统一规划。地面增强系统的差分数据的提供采用基于控制面的广播模式较为有利[8],广播模式可以避免获取终端位置的环节,既可节省上行的传输链路资源和时延,又可降低对平台侧的高并发压力,同时可以提升终端位置信息的保密性。利用 5G 的低时延特性和广播方式,使得即需即取的便捷高精度 GPS 定位服务成为可能。如依托 5G 物联网技术的边坡监测系统,将大量探测细小位移的传感器接入监测网,用 5G 网络传送北斗差分数据,实现优于 1 mm 的高精度定位,一旦边坡发生异常位移,就可精确定位隐患位置,再将数据用 5G 网络快速回传到控制中心,进行边坡滑坡地质灾害的智能分析和预警。

智能手机是卫星导航系统应用中最大的大众应用市场,以往仅支持单点定位,再加上手机天线对于卫星信号的接收能力较弱,使其定位精度往往在 10 m 以上,不能满足高精度定位需求。谷歌公司在 2017 年开放了安卓系统中卫星信号原始观测量(包括载波相位、伪距、多普勒频移)的输出接口,使得将差分算法迁移至通用的计算芯片上成为可能。这种方案不仅可以将高精度定位终端大幅扩展至智能手机市场,还可以借助通用芯片的强大算力提升算法的定位精度与收敛速度。因此 5G 与 GPS 高精度定位在智能手机上的融合是可行的,将使智能手机成为信息化社会中高精度定位的重要基础感知节点。

在偏远地区,5G 网络的建设和运行费用相对于服务人数来说不够经济,这时可用低轨道通信卫星来弥补。如美国太空探索技术公司计划在太空搭建由约 1.2 万颗或更多卫星组成的网络提供全球互联网服务,即星链(Starlink)项目,截至 2020 年 10 月底,已发射近 900 颗卫星,网络服务开始进入测试运行阶段。星链卫星间通信采用激光,在同样距离下延时低于光缆,因此对于洲际数据通信,星链网络延时比地面通信更有优势。若星链卫星布置在 600 km 左右的高度,考虑星地之间来回路程,增加的传输延迟约为  $2 \times 2 \text{ ms} = 4 \text{ ms}$ ,即使布置在 1200 km 的高度,附加传输延迟也只有约  $2 \times 4 \text{ ms} = 8 \text{ ms}$ ,仍在可接受范围内。2020 年 11 月 6 日我国长征六号火箭成功搭载发射了“电子科技大学号”卫星,准备进行太赫兹通信设备在卫星上的适应性试验,积极探索未来的太赫兹通信的空间应用。在星链卫星选取较低的轨道时,延时小,信号强,但卫星受空气阻力影响大,寿命短,而若选取较高的轨道,延时大,信号弱,但卫星寿命长,两者比较谁更为经济,需要根据使用要求和各方面因素综合考虑。

2018 年 6 月 2 日,长征二号火箭成功发射武汉大学“珞珈一号”卫星,其具有夜光遥感、导航增强和通信传输的集成功能,为“一星多用”作出了示范,因此,基于低轨全球通信星座的全球导航增强系统无需独立建设,可与低轨通信星座融合发展[11]。低轨道通信卫星同时用于导航定位增强,具有信号强,抗干扰好的特点。在低轨道卫星上还可布置对地光学探测设备,利用广覆盖的特点可以做到对地球每个角落的近乎实时连续观测。这样,星链卫星星座将逐渐进化为星座平台,可融合部署对延时要求苛刻的计算和数据设备,为全球事务提供更好服务。综合考虑可用性和经济性,要提供高精度定位服务,可选择在人口密集区和主要道路附近,采用通信导航一体化的 5G 基站,具备容量大,可靠性高的优点,而在海洋、沙漠等偏远地区,采用通信导航一体化的低轨卫星星座预计将更为经济。

### 3.4. 基于高精度定位的汽车防撞方案



**Figure 2.** Vehicle to vehicle collaborative architecture based on high-precision positioning  
**图 2.** 基于高精度定位的车与车协同架构

综合利用高精度定位技术和互联网技术，将使汽车能实时准确地了解周围车辆的位置，在距离较近时发出警报，就可以达成汽车防撞的效果。对于车辆防撞定位要求来说，至少需要达到亚米级。传统的卫星定位无法满足车辆所需的定位精度，因而需要使用基于网络辅助的差分定位技术，并且结合航迹推演技术来提升定位精度。可考虑采用如图 2 所示的网络架构以达到车与车协同的效果。

从图 2 中可以看到，在城市等人口密集区域，优先采用 5G 和 GPS 融合的定位方式，卫星导航信号传输到车辆和地面基准站，基准站将差分导航增强数据传输到 5G 基站，5G 基站在一定范围内播发此数据，车辆接收后，结合已接收的导航信号就可实时精确定位自身位置至少到亚米级，然后将此定位数据反馈回无线基站，无线基站汇聚多辆汽车的定位信息后，通过边缘节点的快速处理，由无线基站分发覆盖范围内所有车辆的定位信息，使得每辆车都能知晓其它车辆的位置，进一步判断车与车之间是否具有足够的安全距离，达到防撞效果。在无线基站难以覆盖的偏远地区，由低轨卫星播发导航增强数据以及与车辆之间的信息交互。在不能接收卫星导航信号的地下、室内等场景，则直接由通信导航一体化的 5G 无线基站来提供定位功能。因此，只要形成广域覆盖的高精度定位网络和信息网络，就能无时无刻监测车辆自身和周边其它车辆的位置等各类信息，车辆防撞只是其中不难实现的一项功能。

基于定位的车辆防撞功能的实现需要满足完整性和及时性。完整性是指局部区域有交通联系的所有车辆都要参与到定位汇聚和分发过程中，如果出现遗漏，则易产生危险；及时性是指定位的汇聚分发过程要在极短时间内完成，比如 0.2 s，超过则难以发挥作用，这对整个处理环节提出了很高要求。5G 的低时延特点能够很好助力车辆和无线基站之间的快速信息交互，边缘计算则提供高速的计算过程。边缘计算把云计算平台迁移到移动接入网的边缘，将传统电信网络与互联网业务进行深度融合，减少移动业务交付的端到端时延。由于边缘计算将更多的数据计算和存储从“核心”下沉到“边缘”，部署于接近数据源的地方，众多数据不必再经过网络到达云端处理，因而降低时延和网络负荷，也提升了数据安全性和隐私性。考虑到汽车是流动的，车辆的关联信息还需要通过边缘节点共享到云中，使边缘节点之间能够互相交换信息，边缘节点就能够只对强耦合的交通群进行快速计算和反馈，尽量缩减处理规模，满足极短反应时间的严苛要求。

定位汇聚和分发过程需要在边缘节点和应用终端之间进行负载平衡，才能达到高效可用的目的。考虑 5G 无线基站的情况，其覆盖半径一般为数百米，若同时支持一万个移动终端，假设每个终端的定位数据为 20 字节，其中包括 2 字节的标识码， $3 \times 4 = 12$  字节的坐标码，以及 6 字节的预留码，因此定位汇聚后的数据容量单基站为 200 KB，考虑自身基站和前后左右基站总共容量为 1 MB，若基站数据广播速度达到 100 MB/s，则只需 0.01 s 就可完成分发，能满足及时性的要求。考虑低轨卫星的情况，由于覆

盖面积一般达到数十万平方公里，即使考虑稀疏性，每平方公里仅支持数十个终端，则总的支持量也达到千万级别，定位汇聚后的数据容量达 200 MB，要在极短时间内完成分发困难极大，而且大量的数据对接收端是无用的，反而增加了终端的处理负荷。可以考虑采用预处理的方法，只对每个终端发送临近的定位数据，而非采用广播方案，但这增加了卫星节点的处理负载和通信负载，恐存在较大的技术风险。一种折中的方案是，将汇聚的定位终端用一定间距(比如 1000 m)的二维网格进行排序，若发现某网格内只有一个终端，而临近的网格都无其它终端存在，则在一定时段内，该终端不会与其它终端相撞，因此可以从分发的定位数据中删除，分发的定位数据中只包含可能发生危险的热点终端，这样数据容量将大大压缩，可望从 200 MB 压缩到 2 MB，这时再采用广播方案就容易满足要求了。采用该方案后，卫星节点增加不多的处理负载，通信负载则耗费不多，较易支持大量终端的定位汇聚和分发过程。

在高精度定位的辅助下，汽车不需要采用昂贵的探测设备就能了解周边信息，能够达到“我为人人，人人为我”的效果，这不仅可以防止车辆相撞，减少交通事故，还可发挥“群体智能”的作用，协调路口交通，减少红绿灯使用，实现“智慧交通”，再结合车辆的“单车智能”就能够更容易推进自动驾驶技术。由于 5G 智能手机已开始广泛使用，基于定位的防撞功能可以很容易就扩展到参与交通的人群上，手机将又增加一个“交通避障”的功能，使车辆和行人防撞的实现无需添加特别的设备，与导航功能一样很方便就融入到人们的日常生活中。

## 4. 汽车交通进化

### 4.1. 汽车的电动化

一般认为，汽车将按照电动化、网联化、智能化、共享化的方向发展，由此带来的技术变革将使汽车的使用方式、交通法规、交通管理和交通基础设施建设都会发生改变，不仅仅汽车产业将发生巨变，未来整个交通出行体系也将被重构。这一变革路径已得到大多数汽车从业人员的认可。

汽车的电动化即汽车行驶主要依靠电力来驱动，这便于使用清洁能源，减少使用化石燃料，构筑低碳社会。在中国城市中，电动自行车已替代大部分燃油摩托车，其续航里程多数在 100 km 以内，预计在城市中使用的电动汽车，续航里程在 200 km 左右就能基本满足需求。解决电动汽车续航焦虑的措施除了增加电池密度外，大力发展充电装置，鼓励私人安装充电桩等市场手段也会起到积极作用。

由于在城市中存在大量的室内停车场，可考虑安装从上部走线的充电装置，采用手机遥控操作，插头在充电时放下，完毕后自动收回，这样可两个甚至四个停车位共用一个充电装置，减少充电设施的资金投入。在解决城市充电便利性的条件下，在高速公路沿线也可布置充电站或换电站(可统称为加电站)，将进一步扩大电动汽车的出行范围。充电桩还可以设置双向充电功能，使电动汽车成为移动的储能单元，为电网提供削峰填谷的备用容量，增强电网的供电稳定性。

在充电不够便利的情况下，一些混动式、增程式车辆能充分利用燃油和电驱的双重优点，也具有不小的市场空间，但从长远看，由于要考虑两套驱动系统，增加了车辆的复杂性，经济性有所欠缺，使市场空间难以扩大。在电动自行车和电动汽车之间还可能出现一种中间类型，即乘坐两人的带篷电动自行车，不但能够遮风挡雨，而且在停靠或低速行驶时能自动平衡或放下支撑轮保持平衡，高速行驶时又能自动收起，不影响行驶。这种车型兼具实用性和经济性，便于停车，可望具有一定的市场空间。

### 4.2. 汽车的网联化

在汽车电动化后，充沛的电力资源使相关的互联网应用能顺利展开，即网联化。汽车将不只是一种交通工具，而是成为一张巨大网络上的智能终端。汽车的网联化也称作 V2X (Vehicle to Everything)，包括车与车(V2V)，车与基础设施(V2I)、车与行人(V2P)以及与网络(V2N)之间的通信。网联化通过车与外



部世界之间的连接,使汽车具有“耳听八方”的能力,从而实现智能动态信息服务、车辆智能化控制和智能交通管理[12][13][14]。

汽车的“互联”网络将成为汽车的基础架构,制造商不仅要善于生产汽车的“身体”,还要掌控汽车的“大脑”,软硬兼施,才能使汽车更加环保和智能。网联汽车会产生大量实时数据,如汽车诊断信息、保养信息、安全信息(门窗开闭,安全气囊使用)、性能信息(发动机状态,电池电量)、行驶信息(速度,刹车加速,方向盘)、驾驶人信息(地理位置、用户模式、驾驶历史)等。汽车中央控制系统(或称汽车操作系统)将各类信息管理起来,不仅便于控制,也提高了车辆行驶的可靠性。可以预计,在对车辆电子电气架构接口提出高速度、高可靠、标准化、可扩展的要求下,电动汽车的软硬件将独立进化,并逐步统一到“软件定义汽车”的框架下,为汽车进一步的智能化发展奠定良好的基础。

在低时延的 5G 网络成熟之后,网联汽车在高精度定位的辅助下,将参与交通的汽车准确位置先传输到边缘节点,进行信息汇聚和必要计算后,然后将相关信息再返回车辆,使每辆车能随时掌握周围车辆的距离和速度等信息,就可以实现诸如汽车防撞等功能,还可以发展智能交通,为车辆自动驾驶技术的尽早实现提供助力。

### 4.3. 汽车的智能化

在电动汽车的中央操作系统和网联化成熟之后,汽车的智能化就成为进一步发展方向,其中最令人期待的自动驾驶技术也将顺应而生[15]。自动驾驶技术的核心决策者是人工智能(AI)系统,而人工智能系统需要大量数据进行训练,需要在车联网后产生的大量数据上进行。现今世界上多个公司正在全力推动汽车自动驾驶功能的早日实现,如百度公司在 2020 年 10 月 11 日宣布其无人驾驶出租车服务在北京开放测试运营,这表明无人驾驶商业化落地的步伐在加快。但是,如果汽车只有单车智能,虽然能模拟人的驾驶习惯,还不能做到最有效和最经济。由于道路环境异常复杂,雷达、摄像头和激光雷达等本地传感系统受限于视距、环境等因素影响,使安全性的提升受到限制,要实现极大安全性,自动驾驶需要弥补本地传感器所欠缺的感知能力。

采用单车智能时,车辆对环境的感知和对行驶的决策都是通过车载的传感器和计算处理单元来完成,这在交通设施相对完善的城市内道路或者工作条件相对简单的高速公路场景上比较可行,但对于交通设施缺损比较严重、部署不很规范的道路,或者是交通流量比较大、人车混杂等复杂场景,单车智能还很难完成复杂道路环境的感知和实时决策。因此,中国现阶段自动驾驶的重点研发方向是“车路协同”,其要求不仅车辆“智慧”,道路也要“智慧”,使参与交通的各方能够交互、协同,以达到智能交通的最优解。如依托于科技部 2019 年重点研发计划支持的“面向冬奥的高效、智能车联网技术研究及示范”重点专项项目,力争将“5G + V2X 园区智慧出行”打造成冬奥会的一张名片[16]。基于北斗定位的农机作业自动驾驶在我国已得到应用[17][18],在避障基础上与 5G 等各种新技术的融合将是自动驾驶技术获得显著发展的有利条件[19][20]。

### 4.4. 汽车的共享化

在汽车自动驾驶基本实现后,交通出行将成为一件惬意的事情,人们无需担心事故、迷路的出现,只需用手机预约或下单,自动驾驶汽车将从最近的位置快速到达乘客身边,整个过程可在手机上随时显示,使乘客无需担心焦虑。将乘客送达目的地后,自动驾驶汽车会自主选择最近的停车场停车或者驶向下一位待服务乘客。在电力快耗尽或无乘客呼叫时,汽车也会自动选择充电桩进行充电。由于汽车随呼随到,城市中很多人将不再需要拥有自己的汽车,这样减少了汽车保养费用,也无需学习驾车,使司机数量不断缩减。人们大量使用交通出行服务商提供的车辆,此即汽车的共享化,使得汽车的利用率大大

增加,城市中的汽车数量可望减少,利于减轻交通拥堵、停车场爆满等城市弊病。而一些汽车厂家将会主动转变为交通出行服务商,为乘客提供贴心周到的服务。

要减少汽车的使用量,还需要如 VR 技术(虚拟现实技术或称虚景技术)等的广泛应用,使人们足不出户就可身临其境地开会、学习、上班,将大量的交通需求转换为“信息高速公路”上的“信息流通”,以达到进一步节能减排,推动建立资源消耗小、生活环境优的可持续发展社会。

## 5. 结语

交通事故往往造成重大的生命和财产损失,特别是高速公路上由于视线不佳引发的车辆追尾相撞事故常常带给人们深刻的反思,除加强高速公路管理外,必须考虑不受视觉影响的汽车防撞措施,使高速公路在恶劣天气情况下仍然能保障通行又不致发生事故。超声波和红外线受浓雾天气影响小,可作为探测手段用于汽车碰撞预警,所需技术设备简单,经济性好,但缺点是局限于车辆跟随场景。而结合现代 5G 通信和 GPS 高精度定位技术,将参与交通各方的精确位置聚合之后再分发,使车辆能及时准确感知周边车辆的状态,不仅利于保持车辆之间的安全距离,而且基本不受恶劣天气的影响,同时为发展智能交通创造了良好条件。在解决了车辆防撞这一难题之后,发展汽车自动驾驶技术将顺理成章,在安全得到保障的情况下必将蓬勃演进并逐渐成熟,使人们能更快地获得安全、高效、廉价的优质交通服务。汽车也将按照电动化、网联化、智能化、共享化的方向发展,使交通出行领域发生巨大变革,为推动建立节能低碳的可持续发展社会作出良好示范。

## 参考文献

- [1] 从日进,汪井源,王荣,等. 近中远红外光在雾中的传输损耗研究[J]. 激光与光电子学进展, 2014, 51(8): 42-47.
- [2] 刘亚明,辛明真,吴永亨,等. 北斗卫星导航系统全球定位性能分析[J]. 火力与指挥控制, 2020, 45(8): 131-135.
- [3] 杨元喜,许扬胤,李金龙,等. 北斗三号系统进展及性能预测——试验验证数据分析[J]. 中国科学: 地球科学, 2018, 48(5): 584-594.
- [4] 徐爱功,匡野,高猛,等. GPS/BDS/GLONASS/Galileo 组合 RTK 在不同截止高度角下定位性能分析[J]. 测绘工程, 2018, 29(5): 8-14.
- [5] 王鸣. GPS/BDS/GLONASS/Galileo 组合相对定位精度分析[J]. 城市勘测, 2020(4): 97-100.
- [6] 郭强,何晓慧,赵娜,曹新亮. 个人定位与远程位置显示技术[J]. 无线通信, 2019, 9(5): 162-167.
- [7] 骆少华,刘扬. GPS 在高速铁路精密测量中的应用[J]. 测绘通报, 2020(S1): 104-106.
- [8] 陈豫蓉. 5G 与北斗高精度定位融合发展趋势分析[J]. 电信工程技术与标准化, 2020, 33(4): 1-6.
- [9] 尹露,马玉峥,李国伟,等. 通信导航一体化技术研究进展[J]. 导航定位与授时, 2020, 7(4): 64-76.
- [10] 吴声彬. 基于 5G 网络的定位技术研究与应用[J]. 通信电源技术, 2020, 37(11): 189-191.
- [11] 王磊,李德仁,陈锐志,等. 低轨卫星导航增强技术——机遇与挑战[J]. 中国工程科学, 2020, 22(2): 144-152.
- [12] 刘晓莎,王林. 基于 5G 的新一代智能交通路口研究与设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2020(4): 66-69.
- [13] 陈天殷,耿殿丽. 5G 保证 ADAS、自动驾驶系统安全可靠地运行[J]. 汽车电器, 2020(7): 1-4.
- [14] 李俨. 一场“交通进化”将至: 5G 带给车联网与自动驾驶新动能[J]. 大数据时代, 2019(4): 6-15.
- [15] 徐海宁. 5G 自动驾驶系统方案设计[J]. 科技创新导报, 2019, 16(24): 129, 131.
- [16] 许幸荣,刘琪,宋蒙. 基于 5G+C-V2X 的园区出行解决方案[J]. 邮电设计技术, 2020(2): 87-92.
- [17] 喻锦光. 基于北斗定位的农机作业自动驾驶技术探索[J]. 河北农机, 2019(7): 49.
- [18] 梁东恩. 谈卫星精确定位导航自动驾驶技术在昌吉州应用[J]. 农机使用与维修, 2015(5): 53-54.
- [19] 张东亚. 考虑最终风险概率的自动驾驶避障系统研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2019.
- [20] 雷先华,戴安妮,陈宇奇. 自动驾驶技术避障策略及新技术的融合[J]. 汽车与驾驶维修(维修版), 2020(9): 46-48.