

GNSS 多路径效应对车辆定位精度的影响及抑制方法研究

王世超 康宁 张磊 边勇兴 张跃

(一汽丰田汽车有限公司 天津 300457)

摘要: 该文主要研究了 GNSS 多路径效应对车辆定位精度的影响与相应的抑制方法。首先, 分析了 GNSS 多路径效应对车辆定位精度的影响, 包括定位误差增加、定位不稳定和定位漂移等问题。其次, 提出了几种抑制 GNSS 多路径效应的方法, 包括天线设计优化、数据处理算法改进、多传感器融合定位和基站数据辅助。这些方法可以有效地降低多路径效应带来的定位误差, 提高定位结果的准确性和稳定性。最后, 总结了该文的研究成果, 并指出了未来在该领域的研究方向。

关键词: GNSS; 定位精度; 抑制

中图分类号: U461

文献标识码: A

文章编号: 1671-3567 (2023) 09-0254-03

The Influence of GNSS Multipath Effect on Vehicle Positioning Accuracy and the Inhibition Method

WANG Shichao KANG ning ZHANG Lei BIAN Yongxing ZHANG Yue

(FAW Toyota Motor Co., Ltd., Tianjin, 300457 China)

Abstract: This paper mainly investigates the influence of GNSS multipath effects on vehicle positioning accuracy and the corresponding suppression methods. Firstly, the impact of GNSS multipath effects on vehicle positioning accuracy is analyzed, including issues such as increased positioning errors, positioning instability, and positioning drift. Then, several methods to suppress GNSS multipath effects are proposed, including antenna design optimization, improved data processing algorithms, multi-sensor fusion positioning, and base station data assistance. These methods can effectively reduce positioning errors caused by multipath effects, enhancing the accuracy and stability of positioning results. Finally, the research findings of this paper are summarized, and future research directions in this field are pointed out.

Key Words: GNSS; Positioning accuracy; Suppression

随着车辆定位技术的发展和智能交通系统的兴起, 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 在车辆定位中起到了重要的作用。然而, 由于 GNSS 信号在传播过程中受到建筑物、树木、地形等环境因素的影响, 会产生多路径效应, 从而影响车辆定位的精度。多路径效应是指 GNSS 接收器接收来自卫星的直接信号与经过反射后到达接收器的信号, 导致接收器无法准确确定车辆的位置。随着 GNSS 技术的不断发展和改进, 研究人员对于多路径效应对车辆定位精度的影响与抑制方法进行了广泛研究。这些研究旨在提高车辆定位的准确性和稳定性, 为智能交通系统的发展提供可靠的定位解决方案。

1 GNSS 多路径效应对车辆定位精度的影响

1.1 定位误差增加

多路径效应会导致定位误差增加。在理想情况下, 接收器通过测量来自多个卫星的信号及其到达时间和相位差异, 可以计算出车辆的位置。然而, 由于多路径效应的存在, 接收器很难准确区分直接信号和反射信号。如果反射信号被错误地认为是直接信号, 将导致定位结果的偏差。特别是在城市环境中, 高楼大厦和密集建筑物会导致信号反射和散射更加严重, 进一步增加了定位误差。其次, 多路径效应会使定位结果不稳定。由于多路径信号具有不同的相位和延迟, 当多路径信号与直接信号叠加时, 会引起信号

作者简介: 王世超 (1983—), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向为车检。

干涉和波动。这种干扰会导致定位结果的波动性增加，使得车辆定位的稳定性受到影响。

1.2 定位不稳定

在车辆定位过程中，接收器通过测量来自多个卫星的信号及其到达时间和相位差异来计算车辆的位置。然而，当多径效应引入时，原本单一的直接信号被反射信号混合，从而产生了多条信号路径。这些多路径信号具有不同的相位和延迟，当与直接信号叠加时，会引起信号干涉和波动，导致定位结果不稳定。具体而言，当多路径信号与直接信号叠加时，会产生干涉效应。这种干涉会导致信号的振幅和相位发生变化，从而使接收器在信号处理过程中出现波动。这种波动会使定位结果在时间上发生变化，呈现出定位点的漂移和抖动现象。特别是在城市环境中，由于高楼大厦和建筑物的反射，多路径信号的干涉效应更加明显，导致定位结果的不稳定性进一步增加。

1.3 定位漂移

GNSS 多路径效应对车辆定位精度的影响之一是引起定位漂移现象。定位漂移是指车辆在持续移动过程中，其定位结果逐渐偏离真实位置，并且偏移量随时间的推移而增大。

这种定位漂移主要是由多路径信号存在所引起的。当车辆接收来自卫星的信号时，这些信号可能经过建筑物、树木、地形等环境物体的反射和散射，从而形成了多个到达接收器的信号路径。多路径信号具有不同的相位和延迟，当与直接信号叠加时，会产生干涉效应，扰动定位结果。在车辆持续移动的过程中，由于多路径信号的相位和延迟不断变化，导致定位结果逐渐偏离真实位置，并且偏移量逐渐增大，从而产生定位漂移现象。定位漂移给车辆定位精度带来了重要的影响，会导致车辆位置信息的不准确性，进而影响车辆导航、路径规划和行驶安全等。特别是在智能交通系统或自动驾驶技术中的应用中，定位漂移可能会导致车辆误判位置，造成不必要的转向、刹车或加速操作，甚至引发事故。由于定位漂移是多路径效应带来的问题，因此需要采取相应的措施来抑制多路径效应，从而减小定位漂移的影响。

2 GNSS 多路径效应对车辆定位精度的影响的抑制方法

2.1 天线设计优化

天线的位置和方向具有重要意义。在车辆定位中，天线位置应尽量避免产生多路径信号的区域，如高楼、建筑物或树木等。理想情况下，天线应该安装在车辆的最高点，并且应该尽量保持与卫星直接可见。这样可减少多路径信号的反射和散射以及定位漂

移的发生概率。另外，天线的增益和指向性也是影响定位精度的重要因素。天线增益越高，接收的卫星信号就越强，从而减小了多路径信号的相对影响。此外，选择具有较强指向性的天线可以进一步减少背景噪声和多路径信号的干扰，提高信号质量和定位精度。另外，融合其他传感器数据是抑制 GNSS 多路径效应的有效方法之一。通过将 GNSS 数据与惯性测量单元 (IMU) 或其他传感器的数据进行融合，可以提供更准确、更稳定的车辆定位。IMU 可以提供车辆加速度和角速度等信息，可以补偿 GNSS 定位中的缺陷，并帮助减小多路径效应对定位精度的影响。此外，差分定位技术也是抑制多路径效应的有效手段之一。差分定位通过在不同位置设置基站或参考站点，并与车载接收器进行数据比对，消除多路径信号引起的干扰，从而提高定位结果的准确性和稳定性。差分定位可以校正多路径效应造成的定位误差，减小多路径信号对定位结果的影响。最后，信号处理算法的改进也是解决多路径效应的关键。采用先进的信号处理算法，如滤波器、波束形成等，可以减小多路径信号的影响，提高定位精度。

2.2 数据处理算法改进

滤波算法的改进是抑制多路径效应的关键。常用的滤波算法包括卡尔曼滤波器、粒子滤波器等。这些滤波算法可以通过状态估计和误差校正来减小多路径效应引起的定位偏移和漂移现象。例如：卡尔曼滤波器通过利用历史观测数据和模型预测来优化定位结果，从而减小多路径信号的干扰。波束形成技术可以有效抑制多路径效应，波束形成是指通过合理设计和调整天线阵列中各个天线元素之间的相位和振幅关系，使天线的接收主波束能够更好地指向目标信号源。这样可以减少多路径信号的相对影响，提高定位精度。波束形成技术可以结合复杂信号处理算法，如自适应波束形成等，以进一步增强抑制多路径效应的能力。另外，采用改进的定位算法也是一种有效的方法。传统的定位算法通常基于最小二乘或最大似然估计等原理，但这些算法对多路径信号敏感，容易产生定位误差。为了抑制多路径效应，可以采用基于机器学习和人工智能技术的改进定位算法。例如：使用神经网络、支持向量机等方法，通过训练模型来识别和抑制多路径信号，从而提高定位精度。此外，利用数据融合的方法也可以抑制多路径效应。通过融合 GNSS 数据与其他传感器的数据，如惯性测量单元 (IMU)、车载摄像头等，可以提供更丰富的信息，减小多路径信号的影响。例如：将 GNSS 数据与 IMU 数据进行融合，可以校正由多路径引起的

定位误差,提高定位结果的准确性和稳定性。还有一种抑制多路径效应的方法是增加参考站点和基站的密度,采用差分定位技术。通过在不同位置设置多个参考站点,并与车载接收器进行数据比对,可以消除多路径信号引起的干扰,提高定位结果的准确性。

2.3 多传感器融合定位

多传感器融合定位技术可以利用不同类型的传感器,如GNSS、惯性测量单元(IMU)、视觉传感器、雷达等,在车辆定位过程中共同工作。其中,GNSS传感器提供卫星信号,IMU传感器提供车辆的加速度和角速度信息,视觉传感器可以通过图像处理和计算机视觉算法获取车辆的位置和姿态,而雷达传感器可以提供周围环境的障碍物信息。在多传感器融合定位中,关键是设计合适的数据融合算法和模型,将各个传感器的数据进行融合和处理。这些算法可以基于贝叶斯滤波、卡尔曼滤波、粒子滤波等原理,通过权衡各个传感器的测量误差和可靠性,提取有效的信息,实现对定位结果的优化和校正。多传感器融合定位的优势在于能够充分利用各个传感器的优点,弥补各个传感器的缺点,从而提高定位精度。例如,在GNSS多路径效应较严重的情况下,可以通过融合IMU数据来校正由于多路径引起的定位偏差,从而提高定位结果的准确性和稳定性。同时,视觉传感器可以提供更丰富的环境信息,帮助识别和避开多路径信号较大的区域,减小多路径效应的影响。此外,多传感器融合定位还可以提供更全面和鲁棒的定位服务。通过结合不同类型的传感器,可以在单一传感器无法满足要求的情况下,综合利用各个传感器的数据,提高对车辆位置、姿态和运动状态等信息的检测和估计能力。这在智能交通系统、自动驾驶等领域具有重要意义,可以提高安全性、舒适性和智能化水平。

2.4 基站数据辅助

由于多路径信号的存在,车载GNSS接收器可能会受到信号的传播延迟影响,导致定位结果的时间不准确。而通过与基站或参考站进行时间同步,可以获得更精确的时间信息,从而提高定位精度。另外,基站数据辅助还可以提供更准确的位置信息,基站或参考站通常具有高精度的位置标定,可以被视为地面上的固定点。通过与这些基站或参考站进行信号传输和处理,车辆可以得到与之关联的位置信息,用于定位过程中的校正。这样可以减小多路径信号引起的定位误差,提高定位结果的准确性。此外,基站数据辅助还可以实现差分定位。差分定位是一种利用附近的基

站或参考站的观测数据来校正车载GNSS接收器观测数据的方法。通过与基站的比对,可以检测出多路径信号引起的偏差,并进行相应的修正,从而提高定位精度。差分定位通常采用无线电信号传输,因此需要建立可靠的通信链路和数据传输系统。需要注意的是,基站数据辅助的有效性和可行性受到基站或参考站的布设密度和覆盖范围的限制。较密集和广泛的基站网络可以提供更好的辅助效果,但在一些偏远地区或人口稀少的地方可能存在覆盖不足的情况。此外,基站或参考站本身也需要具备高精度和稳定的性能,以保证传输的数据质量和可靠性。

3 结语

本文研究了GNSS多路径效应对车辆定位精度的影响与相应的抑制方法。通过分析发现,GNSS多路径效应会导致定位误差增加、定位不稳定和定位漂移等问题,严重影响了车辆的定位精度和可靠性。为了抑制这些影响,本文提出了几种有效的方法:首先,通过优化天线设计可以减少多路径信号的接收,从而降低定位误差;其次,改进数据处理算法可以提高信号的处理能力和抗干扰能力,进一步减小多路径效应的影响。此外,通过多传感器融合定位技术和基站数据辅助方法,可以结合不同传感器的数据和信息,提高定位结果的准确性和稳定性。综上所述,本文的研究对于解决GNSS多路径效应带来的问题,提高车辆定位精度具有一定的参考价值。在未来的研究中,可以进一步探索新的抑制方法,并结合实际应用场景进行验证和优化。

参考文献

- [1] 林秋良,赵有兵,冯威,等. LSTM神经网络辅助的GNSS/VO组合定位方法[J]. 导航定位学报, 2023, 11(3):156-164.
- [2] 蔡新伟. 基于小波自动阈值去噪提高GNSS定位精度[J]. 测绘技术装备, 2022, 24(4):39-42.
- [3] 张兴汉. Klobuchar与GIM模型对GNSS单点定位精度影响分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45(12):184-187.
- [4] 郭戈,刘佳庚,孙晓峥. 融合5G/GNSS的车辆高精度鲁棒安全定位:进展与展望[J]. 控制与决策, 2023, 38(2):289-303.
- [5] 李德乾,梁玉斌,崔铁军. GNSS辅助智能手机近景摄影测量定位精度研究[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(32):1-5.
- [6] 孙大伟,艾孝军,贾小林,等. BDS/GNSS精密单点定位性能分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2022, 42(11):1111-1116, 1127.