

智能交通新概念 TrafficFluid: 无车道 (Lane-Free) + 轻推 (Nudging)

临菲歌

随着通信技术的高速发展，人们相信在不久的将来使用的交通工具将在通信频率，通信距离和通信带宽等多个方面满足 V2X 的信息交流。在此基础之上，未来的智能交通也将融合自带的传感器，车载通信以及适当的控制策略从而实现更高等级的自动驾驶。

智能交通工具种类繁多，从发动机方面分类，有纯电，混电或内燃机驱动；从大小方面分类，有小轿车，货车，公交车或摩托车等。它们有着不同的最大时速和加速能力。交通管理的“智能特性”应该能适应它们的特点并让它们的效能得到最大发挥，因此，未来的智能交通管理系统将要随之而改变。

基于这种设想，希腊克里特工业大学 Markos Papageorgiou 教授所领导的“动态系统和仿真实验室 (DSSL)”提出一种全新的交通管理概念，称为 TrafficFluid[1-5]。

TrafficFluid 概念基于“Lane-free traffic”（无车道交通）和“Nudging”(轻推，助推，或张弛逼近)。

什么是“无车道交通” (Lane-free traffic) ?

首先，汽车最开始被发明使用的时候，当时的道路并不像当前道路一样被各种实线或虚线赋予了各种规则。在当时，行人，机车，马车都不分方向的行驶在同一条路上。

随着车辆的数量增加，速度变快，道路交通情况也在不停的改变，变得更加规范也更复杂；如今各种交规使得驾驶变得更加容易掌控，驾驶员们能更加专注与速度和方向，从而降低发生的风险。这些交规多以道路上的实线和虚线标识，从而限制车辆可以行驶的空间、速度与方向。这就是当前主流“车道交通”体系 (Lane-based traffic)。由于各种交规的存在导致不是每一寸路面都能被有效使用，最好的例子就是：保持车距。

“无车道交通”体系 (Lane-free traffic) 则完全与之相反，简单的说，“无车道交通”是指行驶车辆不像常规交通那样被限制在固定的行车道上，而是可以在道路边界范围内的任何地方驾驶。



1929 年的华尔街



70 年代的布里斯托



2021 年的北京

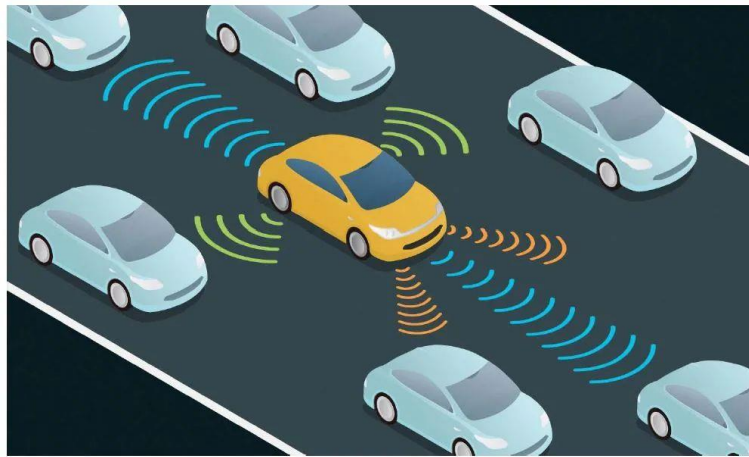
为什么要“无车道交通”？

这种情况好像又回到了最初车辆刚刚被发明的时候，然而不一样的是，当所有道路使用者都是高度自动化车辆的时候，每个车辆都可以用最合理的速度行驶在最佳的路径上。在这种情况下，由于没有固定行车道的限制，整个道路可以在智能系统的控制下保证发挥出最大的车流承载量的同时，还能进一步降低交通事故的风险。

一个很形象的生活例子就是，当你在逛步行街的时候，每个逛街的人在步行街范围内都是可以任意移动的；同时，每个人都在用自己能接受的速度走在自己想走的路径上。而对于步行街本身而言，在达到理论承载量之前，都不会发生拥堵情况，而且，理论最大承载量与实际高峰人流量将会非常接近。



有车道 (Lane-based) 智能交通

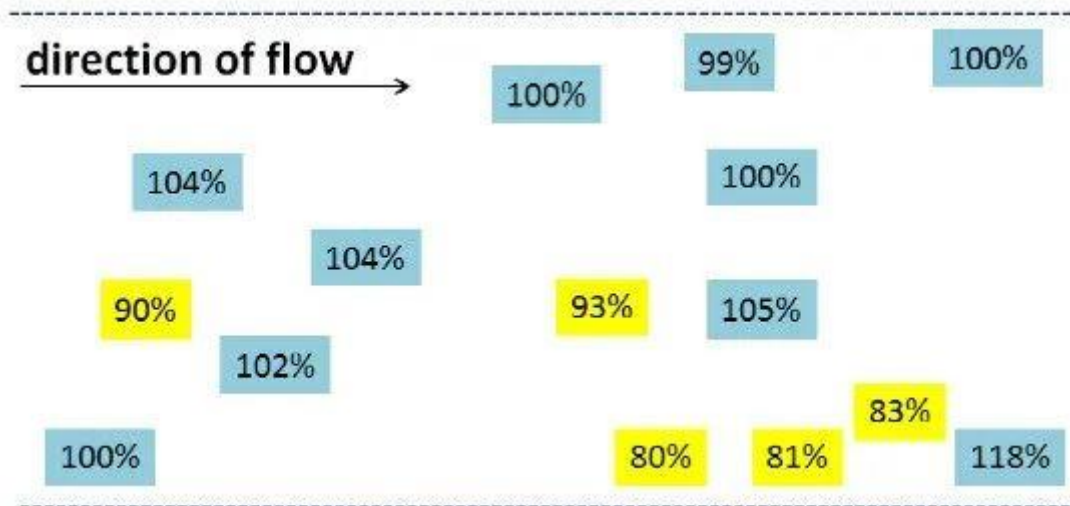


无车道 (Lane-free) 智能交通

轻推 (Nudging)

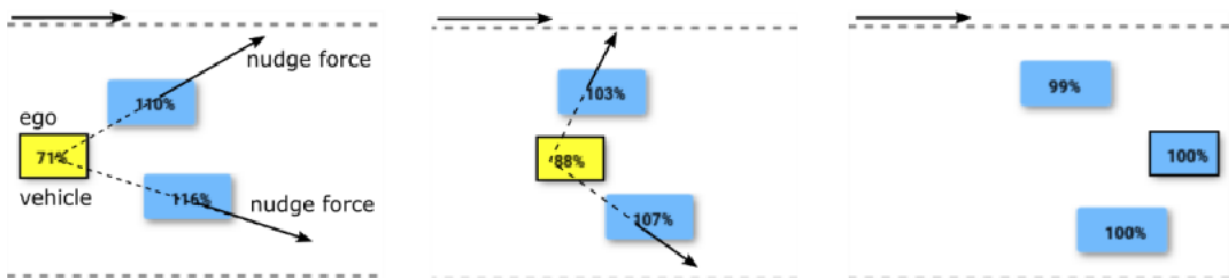
轻推 (Nudging)，车辆将它们的存在传达给它们前面的其他车辆（或被它们感知到），这可能会对前面的车辆施加某些条件和某种程度上的“助推”效应，即前方车辆可能会受到后方车辆的“推力”，其方向是在两者的中心线方向上。

下图是初步微观 TrafficFluid 模拟器的一次快拍 (snapshots)，每辆车上标记的 % 反映了其当前速度占其所需速度的百分比。图中，黄色车辆目前以低于它们所希望的速度行驶，因为前面的车辆阻碍了它们，所以前面这些较慢的车辆将被“轻推” (are therefore nudged)。



仿真例子，“%”表示当前速度与期望速度的百分比

在下图中，黄色车辆比其左右两辆卡车具有更高的期望速度，因此将它们推到一边（在无车道道路上），以便从它们之间通过并加速到其期望速度（从而变成蓝色）。



这里说的轻推（Nudging），听起来与 2017 年诺贝尔经济学奖得主理查德·塞勒（Richard Thaler）的“轻推理论”（nudge theory）相似，当然，也许有朋友可能会想到“张弛逼近”(Nudging)。

国内的相关研究

尽管本文小编还没有见到国内关于 TrafficFluid 概念的那种“无车道交通”的实质性研究报道，但有些文献针对那些本来就无车道的道路（比如郊区、边远地区，或交叉路口等）交通流模型进行了研究，例如公安部交通管理科学研究所、西南交通大学、重庆邮电大学和西安理工大学等单位的研究[6-8]，这些研究对于研究“主动”的无车道交通有积极意义。

面临的挑战

未来的挑战有很多，但最基本的调制主要集中在以下几个方面：

- 如何在当前“车道交通”体系下的联网智能车辆（CAV）运行模式上拓展出符合未来“无车道交通”体系下的 CAV 运行模式。
- 从自动控制、优化和人工智能领域出发，未来“无车道交通”体系下的 CAV 运行模式怎么做到更安全，更方便和更高效。
- 从宏观角度考虑，未来的交通体系需要从多个层面进行改变，以更好的融合“无车道交通”，那么这个宏观道路交通管理系统的模型又该如何搭建。

参考文献

- [1] Markos Papageorgiou, et al., Lane-Free Artificial-Fluid Concept for Vehicular Traffic, Proceedings of The IEEE, Vol. 109, No. 2, February 2021
- [2] Markos Papageorgiou, et al., Lane-free Artificial-Fluid Concept for Vehicular Traffic, <https://arxiv.org/abs/1905.11642>
- [3] Iasson Karafyllis, et al., Two-Dimensional Cruise Control of Autonomous Vehicles on Lane-Free Roads, <https://arxiv.org/abs/2103.12205>
- [4] Milad Malekzadeh, et al., Linear-Quadratic regulators for internal boundary control of lane-free automated vehicle traffic, <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2012/2012.15519.pdf>
- [5] Milad Malekzadeh, Optimal internal boundary control of lane-free automated vehicle traffic, <https://arxiv.org/abs/2008.10255>
- [6] 杨达等, 基于社会力模型的无车道划分异质交通流研究, 交通运输系统工程与信息,
- [7] Yongfu Li, et al., Non-lane-discipline-based Car-following Model for Electric Vehicles in Transportation-Cyber-Physical-Systems, IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 2015
- [8] Bai Li, et al., Fault-Tolerant Cooperative Motion Planning of Connected and Automated Vehicles at a Signal-Free and Lane-Free Intersection, IFAC PapersOnLine 51-24 (2018) 60–67

推荐阅读：

[毫米波雷达在自动驾驶系统中的地位及应用](#)

[毫米波雷达在自动驾驶系统中的地位及应用](#)

[无人驾驶技术入门（连载）](#)

[交通流量测量雷达传感器的相干信号处理](#)

[交通流预测的研究现状及未来发展](#)



临菲信息技术港



临菲信息技术港公众号



临菲学堂