



# 智能运输系统概论 (第三版)

# 目录

- 第11章 先进的公共交通系统
- 第12章 先进的交通管理系统
- 第13章 城市交通信号控制系统
- 第14章 电子收费系统
- 第15章 高速公路交通事件管理系统
- 第16章 应急指挥调度系统
- 第17章 智能车辆与自动驾驶系统
- 第18章 交通需求管理
- 第19章 智能运输系统标准化
- 第20章 ITS评价

# 第17章 智能车辆与自动驾驶系统

17.1 概述

17.2 世界智能车辆的研究与发展

17.3 基于视觉导航的智能车辆模糊逻辑控制

17.4 典型智能车辆与自动驾驶系统介绍

17.5 研究动向分析与问题探讨

# 17.1 概述

**ITS**是一个开放的复杂的**巨型系统**，各国各地区的研究侧重点有所不同，其难点和关键技术之一就是**车辆的行驶导航和自动驾驶**。

**德国戴姆勒-奔驰**汽车公司正在试验一种**汽车自动驾驶系统**。

**日本**研制了一套包括**交通信息、行车安全警报、行车自控和自动驾驶、道路管理**等四个方面的系统，从总体上来说代表了目前世界**汽车智能技术**的最高水平。

**美国**在尝试用几十亿美元的**计算机网络**最终取代司机的**方向盘**来驾驶汽车。

# 第17章 智能车辆与自动驾驶系统

17.1 概述

17.2 世界智能车辆的研究与发展

17.3 基于视觉导航的智能车辆模糊逻辑控制

17.4 典型智能车辆与自动驾驶系统介绍

17.5 研究动向分析与问题探讨

## 17.2 世界智能车辆的研究与发展

随着城市化的进展及汽车的普及，交通环境日趋恶劣，**交通拥挤加剧**，**交通事故频发**，交通问题已经成为全球范围令人困扰的严重问题；

**20世纪90年代**以来，**计算机**、**电子**、**图像处理**等技术飞速发展。



智能车辆系统 (Intelligent Vehicle System, 简称IVS)

## 17.2.1 智能车辆的产生与发展

智能车辆的研究，追根溯源，应该说起始于20世纪50年代初美国Barrett Electronics公司研究开发出的世界上第一台自动引导车辆系统（Automated Guided Vehicle System，简称AGVS）。

研制AGVS的目的是为了提高仓库运输的自动化水平，应用领域仅局限于仓库内的物品运输。

在20世纪六、七十年代，AGVS的研究在西欧许多国家得到了迅速的发展，并将应用扩展到工业生产领域。

进入20世纪80年代，国外掀起了智能机器人研究热潮。

## 17.2.2 智能车辆的研究方向

从世界**各国**相关研究成果来看，目前**智能车辆的研究方向**主要有以下几个方面：

- ✚ 驾驶员行为分析 (Driver Behavior Analysis)
- ✚ 环境感知 (Environmental Perception)
- ✚ 极端情况下的自动驾驶 (Autonomous Driving on Extreme courses)
- ✚ 规范环境下的自主导航 (Autonomous Navigation on Nomal environment)
- ✚ 车辆运动控制系统 (Vehicle Motion Control Systems)

## 17.2.2 智能车辆的研究方向

- ✦ 主动安全系统 (Active Safety Systems)
- ✦ 交通监控、车辆导航及协作 (Traffic Monitoring, Vehicle Navigation, and coordination)
- ✦ 车辆交互通信 (Inter-Vehicle Communications)
- ✦ 军事应用 (Military Applications)
- ✦ 系统结构 (System Architectures)
- ✦ 先进的安全车辆 (Advanced Safety Vehicles)

上述研究可概括为：**控、警告系统；半自主式车辆控制系统；自主车辆控制系统。**

## 17.2.3 智能车辆的研究范围

**智能车辆**的研究涉及到**计算机测量与控制**、**计算机视觉**、**传感器数据融合**、**车辆工程**等诸多领域，可以说，智能车辆的研究是**计算机视觉与计算机控制研究**在车辆工程上的综合。

### 1) 计算机视觉

**视觉系统**在智能车辆研究中主要起到**环境探测**和**辨识**的作用。将**计算机图像信息**与其他**背景知识**及其他**传感器**相结合，能**快速提取**复杂环境中的**有用信息**，进而产生合理的**行为规划与决策**。

## 17.2.3 智能车辆的研究范围

### 2) 传感器数据融合

目前，在**智能车辆**领域，除**视觉传感**外，常用的还有**雷达**、**激光**、**GPS**等传感器。

**雷达系统**可以得到计算机视觉技术比较难以解决的检测对象的**距离信息**，能**准确发现**车辆行驶环境中存在的物体，在**恶劣环境条件**下具有独特的优势。

**激光系统**可以得到车辆的**瞬时车辆速度**信息及**精确**的车辆与前方车辆的**距离信息**，被广泛地应用于**避障**、**超车**、**防碰撞系统**中。

## 17.2.3 智能车辆的研究范围

### 3) 控制理论尤其是智能控制在智能车辆上的应用

为实现智能车辆对**路径的稳定跟踪**，性能优良的**控制器**是智能车辆必不可少的部分，所以**控制理论**在智能车辆上的应用是十分重要的。

**智能控制**是一门新兴学科，人们目前认为其包括**递阶控制系统、专家控制系统、模糊控制系统、神经控制系统、学习控制系统**五个方面。

真正的意义上的智能车辆只有在**计算机技术和智能控制技术**充分发展的基础上才能成为可能。

## 17.2.4 智能车辆体系结构

**智能车辆**集多种传感器数据融合、视觉信息处理、环境建模、导航、避障等功能于一体。

按照**智能控制理论**，智能车辆系统是一个**分层递阶的集散型控制系统**，系统一般分为**智能级、协调级和执行级**。

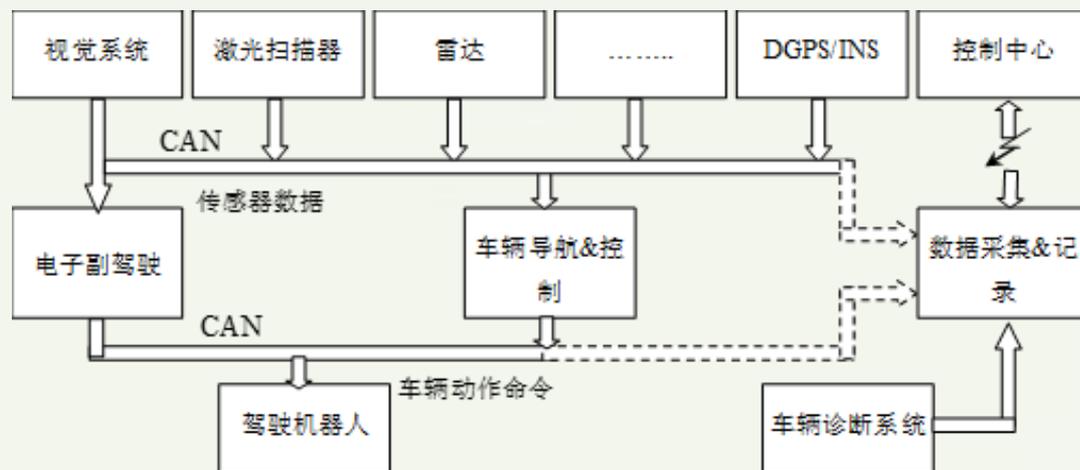


图 17-1 一种典型的智能车辆体系结构

## 17.2.4 智能车辆体系结构

目前，从**智能车辆控制算法的处理方式**来看，可分为**串行、并行**两种结构。

### 1) 串行处理

- ✓ **单CPU结构、集中控制**方式，即用一台功能较强的计算机实现全部控制功能。
- ✓ **多CPU结构、分布式控制**方式，即上、下位机二级分布式结构。**上位机**负责整个系统的管理及复杂的计算、处理等功能，而**下位机**由多个CPU组成，每个CPU具体负责某一特定的功能。

## 17.2.4 智能车辆体系结构

### 2) 并行处理

- ✓ 用通用的**微处理器**，构成**并行处理**结构，支持计算，实现**复杂控制策略在线实时**计算。
- ✓ **智能车辆控制专用VLSI**，能充分利用智能车辆控制算法的并行性，依靠芯片内的**并行体系结构**易于解决智能车辆控制算法中大量出现的计算，能大大**提高计算速度**。
- ✓ 用并行处理能力的**芯片式计算机**（如Transputer、DSP等），构成**并行处理网络**（如VaMoRs-P系统），其**下位机**由大约**60**个Transputer构成。

## 17.2.5 智能车辆技术的应用

国家	研究单位	主要性能
美国	Carnegie Mellon University	该研究由美国著名的Delco Electronics 公司捐资赞助。从1986年至1995年相继研究了Navlab-Navlab5型智能车辆。其中Navlab5是由1990年问世的Pontiac运动跑车改造的，视觉系统为一台Sony DXC-151A彩色摄像机，其自动驾驶主要指控制转向轮。Navlab5的自动驾驶的平均速度为88.5km/h，还首次进行了横穿美国大陆的长途驾驶实验
日本	丰田 (TOYOTA) 公司	该研究由日本丰田公司进行，实验车辆由丰田轿车改造。视觉系统为紧凑型2/3 in. 而成CCD摄像机，安装在后视镜左侧。1993年进行普通高速公路实验，实验车速为60km/h

## 17.2.5 智能车辆技术的应用

国家	研究单位	主要性能
德国	慕尼黑德国联邦国防大学 (UBM) 和奔驰公司	从20世纪80年代初期开始研究, 先后研制开发出VaMoRs和VaMoRs-P两种实验车。其中VaMoRs是由一辆奔驰508D型5t面包车改装而成。该车视觉系统由4个小型彩色CCD摄像机构成两组双目视觉系统。1987年VaMoRs自主车曾在一段尚未通车的高速公路上创下自动驾驶96km/h的80年代最高速度。VaMoRs-P由一辆豪华型奔驰500 (Mercedes 500SEL) 改装而成。该系统1995年公布的最高时速达130km/h
法国	帕斯卡大学和标致雪铁龙汽车公司	实验车为一辆标致小汽车。该系统已经在高速公路上进行了几百公里不同路况的行车实验, 最高车速达130km/h

## 17.2.5 智能车辆技术的应用

国家	研究单位	主要性能
美国	Pennsylvania University	该研究得到 Honda R&D North America Inc. 及 Honda R&D Company. Ltd, Japan 资助，车辆由 Honda Accord LX sedan 改造而成，视觉系统为安装在后视镜附近的普通 CCD，该系统曾于 1999 年在普通高速公路上以 75Km/h 的车速进行过多次实验，效果良好
日本	Kumamoto University	该项研究由日本 Kumamoto 大学计算机科学系智能车辆课题组进行，实验车辆由普通前轮转向轿车改造而成。该车视觉系统为一 1/2 in. 彩色 CCD。1998 年该车在普通公路及高速公路上进行过实验，实验车速为 72km/h

## 17.2.5 智能车辆技术的应用

国家	研究单位	主要性能
德国	大众公司和斯坦福大学	Passat Junior 和 Touareg Stanley 是两台参加过2005及2007城市挑战赛的车辆，展示了斯坦福大学和大众汽车研究的高智能无人驾驶技术。比赛车安装的ACC（自动车距控制系统）、自动驻车辅助系统、侧向辅助系统、防驾驶偏离系统等技术已经运用在包括帕萨特CC、途锐、辉腾等车型上。
中国	国防科技大学	1992年，国防科技大学研制成功了我国第一辆真正意义上的无人驾驶汽车；2000年6月，研制的第4代无人驾驶汽车试验成功，最高时速达76km/h，创下国内最高纪录；2003年7月，和中国一汽联合研发的红旗无人驾驶轿车高速公路试验成功，自动驾驶最高稳定时速130km/h，其总体技术性能和指标已经达到世界先进水平。

# 第17章 智能车辆与自动驾驶系统

17.1 概述

17.2 世界智能车辆的研究与发展

17.3 基于视觉导航的智能车辆模糊逻辑控制

17.4 典型智能车辆与自动驾驶系统介绍

17.5 研究动向分析与问题探讨

## 17.3.1 计算机视觉导航的优点

**视觉导航**与其他传感器相比，具有很多**优点**：

- 视觉导航能提供**更丰富的信息**，如**导航路径的方位偏差、侧向偏差、弧形弯道、各种标识**等，这不仅使相关传感器**系统简单、经济**，而且使控制器的设计更加**灵活方便**；
- 用视觉导航时，**导航路径铺设、更改**都相对来说更加**容易**，从而使导航**成本大大降低**；
- 视觉导航能更加容易地提供车辆**行车环境的障碍物信息**，从而使车辆**避障更加容易**。

## 17.3.2 条形状路标检测算法

### 图像预处理

由于**路面情况复杂**，存在着大量**干扰因素**，如多种多样的光照条件、阴影、杂物、行人车辆、路面不平整、路标受到污染及破损等，最终输出的**数字图像质量**或多或少有所**降低**，因此需要对数字图像中的**噪声**给予**去除**和**修正**，以改善图像质量。

另外，为了增强对图像的**分析**和**识别**能力，还需要**突出有用信息**，**剔除**图像中其他景物内容的**干扰**。

## 17.3.2 条形状路标检测算法

### 图像预处理

从**功能上**可以将**数字图像处理**划分为三大类，即：

- (1) **像质改善**，如图像锐化、平滑、复原、校正等；
- (2) **图像分析**，如边缘与线的检测、区域分割、形状特征测量等；
- (3) **图像重建**，如投影图像重建、利用对象生成立体像、全息图生成等。

## 17.3.2 条形状路标检测算法

### 图像平滑

**图像平滑**属**低通滤波**图像处理，其目的是**保留**图像空间频率的**低频**部分，**减少**图像的**高频**部分。

**低通滤波**可以降低图像中的**视觉噪声**，同时去除图像中的**高频成分**后，图像中那些不明显的**低频成分**就更容易显现了。

如何在**保护图像边缘信息**的同时**去除噪声**也是选取滤波方法时应重点考虑的问题。

## 17.3.3 模糊逻辑控制特点

**模糊逻辑控制**是基于**模糊推理**，模仿人的思维方式，对**难以建立精确数学模型**的对象实施的一种控制。是**模糊数学同控制理论**相结合的产物，同时也构成了智能控制的重要组成部分。

### ✚ 模糊逻辑控制的突出特点

- (1) 系统的设计**不要求**知道被控对象的**精确数学模型**，只需要提供现场操作人员的**经验知识及操作数据**。
- (2) 控制系统的**鲁棒性强**，适应于解决常规控制难以解决的**非线性、时变及滞后系统**。

## 17.3.3 模糊逻辑控制特点

### 模糊逻辑控制系统的基本组成部分

模糊规则库

模糊推理机

模糊产生器

模糊消除器

### 模糊消除方法

重心法

最大隶属度法

系数加权平均法

隶属度限幅元素平均法

# 第17章 智能车辆与自动驾驶系统

17.1 概述

17.2 世界智能车辆的研究与发展

17.3 基于视觉导航的智能车辆模糊逻辑控制

17.4 典型智能车辆与自动驾驶系统介绍

17.5 研究动向分析与问题探讨

继1986年改装Navlab 1，1990年改装 Navlab 2之后，于1995年建立了全新的智能车实验床Navlab5。

① 计算机系统

② 传感器系统

视觉系统传感器为一台Sony DXC-151A彩色摄像机，配Pelco TV8ES-1自动光圈手动聚焦镜头；差分GPS系统一套；陀螺仪为Andrew公司生产的具有数字输出的光纤阻尼陀螺。

③ 车体控制与安全监控系统

④ 自动驾驶实验

德国联邦国防大学与奔驰汽车公司合作，从20世纪80年代初期开始此项研究，先后研制开发出VaMoRs和VaMoRs-P（或VaMP）两种实验车。

### ① 计算机系统

由基于Transputer的并行处理单元和两台PC-486组成基于Transputer的处理单元，由大约60个Transputer构成。

### ② 传感器系统

4个小型彩色CCD摄像机，构成两组主动式双目视觉系统；

#### ② 传感器系统

3个惯性线性加速计和角度变化传感器；  
测速表及发动机状态测量仪。

#### ③ 自动驾驶实验

VaMoRs-P系统也已在高速公路和普通标准公路上进行了大量实验。实验内容包括跟踪车道线，躲避障碍，以及自动超车等。并利用自适应控制进行纵向及横向自主方式一般行为实验。

该系统1995年公布的最高时速可达130km/h，1996年已提高到160km/h。

**法国**帕斯卡大学自动化与电子材料科学实验室与D. R. A. S雪铁龙（Citroen）技术中心合作，联合研制了另一个**功能简单却颇具特色的智能车辆辅助导航系统**。

该系统完成的是相对简单的**安全警告与辅助导航功能**。

**系统的警告决策模块**规定了下述4个**基本条件**：

- (1) 车体必须在**限定的车道线**范围内运动。
- (2) 车体必须保持如下的**安全距离SD**。
- (3) **车体方位**必须保持正确。
- (4) 车体的**轨迹曲率**必须保持正确。

## 17.4.2 系统特点分析

由于上述**3个系统**的应用背景均为高速公路或标准等级公路，故其**视觉处理系统**具有些值得注意**共同特点**：

- ▶ 以**CCD摄像机**（camera）作为**唯一的视觉传感器**。
- ▶ 普遍采用**视觉窗口技术**，仅处理**感兴趣区域**的局部信息。
- ▶ 均具备不同程度的**快速自适应功能**。

# 第17章 智能车辆与自动驾驶系统

17.1 概述

17.2 世界智能车辆的研究与发展

17.3 基于视觉导航的智能车辆模糊逻辑控制

17.4 典型智能车辆与自动驾驶系统介绍

17.5 研究动向分析与问题探讨

## 17.5 研究动向分析与问题探讨

### 研究动向与发展趋势：

- ◆ 研究背景民用化
- ◆ 系统结构轻型化
- ◆ 研究成果实用化
- ◆ 产权双方协作化

## 17.5 研究动向分析与问题探讨

### 未解决的问题：

- ◆ 上述系统的实验主要集中在**高速公路**上，普通公路或市区道路则相对较小。
- ◆ 系统的实验成功率对道路与车道线的标志**依赖较强**，在**非良好或恶劣条件**下仍有一些误检与漏检的情形。
- ◆ 目前智能车辆自动驾驶其**自主程度**仍有某些**局限性**。自动驾驶与人工驾驶的界定和区分方法也值得探讨。
- ◆ 现有系统的硬件平台尽管在**轻型实用**方面已有明显的进步，但无论在**袖珍性**、**通用性**，还是用户的**可承受性**方面，仍需要做进一步的改进。