



中国计算机学会青年计算机科技论坛
《车联网技术前沿》报告会

无线传感网络在车联网中的应用-- 现状及挑战

王飞跃 熊刚

2012年09月07日



摘要： 由于交通系统具有较强的非线性、模糊性和不确定性，是一个典型的分布式系统，仅使用单一的传感器检测交通参数很难对其进行有效地控制。将无线传感网络技术与交通智能控制技术相结合，为交通系统提供多种信息源，利用信息融合技术和智能信息处理技术，能够获取更加可靠精确的检测参数，从而有望更加实时、准确、高效地对交通状况进行管理和控制。近十年来，无线传感网络技术从研究逐渐转向应用。在车联网中，传感器的多样性、应用场景的多变性、功能需求的复杂性、交通系统的持续更新和扩展，都对其专用或适用的无线传感网络提出了特殊的要求。本报告从无线传感器的现状及车联网中的挑战等方面的分析引出该方向研究和开发的前沿课题和前景展望。



报告提纲

智能交通与交通信号控制发展

物联网与城市交通：智能路上的智能车

复杂交通的控制与管理：ACP方法

未来城市交通：基于物联云的平行交通

基于物联网的城市智能交通

城市交通传感网（WSN-T）



城市交通问题

因交通拥堵和管理问题，中国北京、上海、广州等15座城市每天损失近**10亿**元人民币。

--- 《2010中国新型城市化报告》



照片源自中国广播网：

http://www.cnr.cn/jrdt/201012/t20101212_507452428.html



智能交通系统的定义

智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)是未来交通系统的发展方向，它是将先进的信息技术、数据通讯技术、电子传感技术、控制技术及计算机技术等有效地集成运用于整个交通管理系统中，而建立起来的一种在**大范围内全方位发挥作用的，实时、准确、高效的综合交通运输管理系统。**

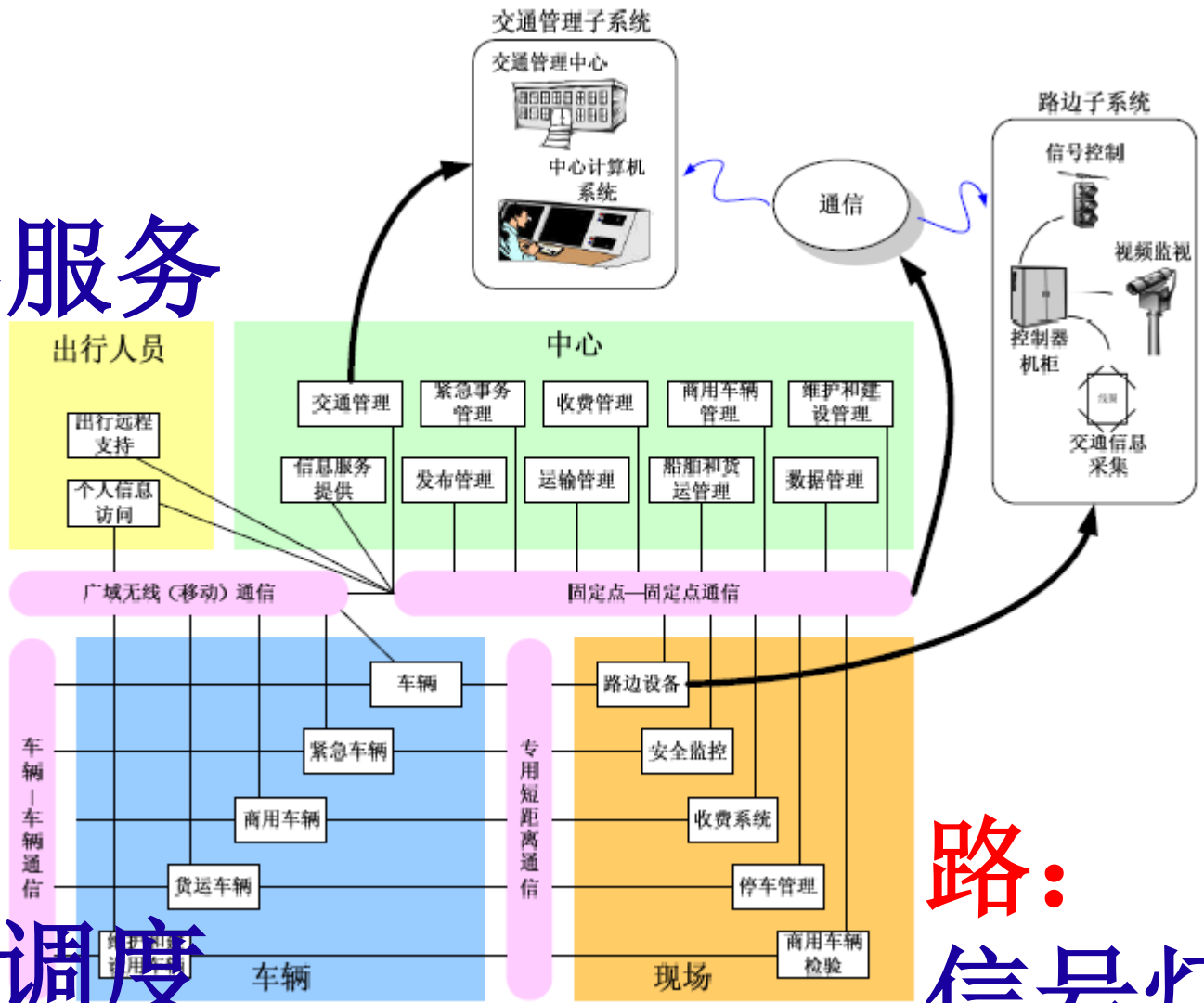


城市交通信号控制与管理

人：
诱导服务

车：
监管调度

路：
信号灯控制



交通信号灯的发展历程

煤气灯

电子信号
灯

红黄绿三
色信号灯

交通信号控制始于**1868年**，英国机械工程师在英国伦敦威斯敏斯特街口安装了一组交通信号灯，它由一红一绿两个煤气灯组成，由旗语手动变换

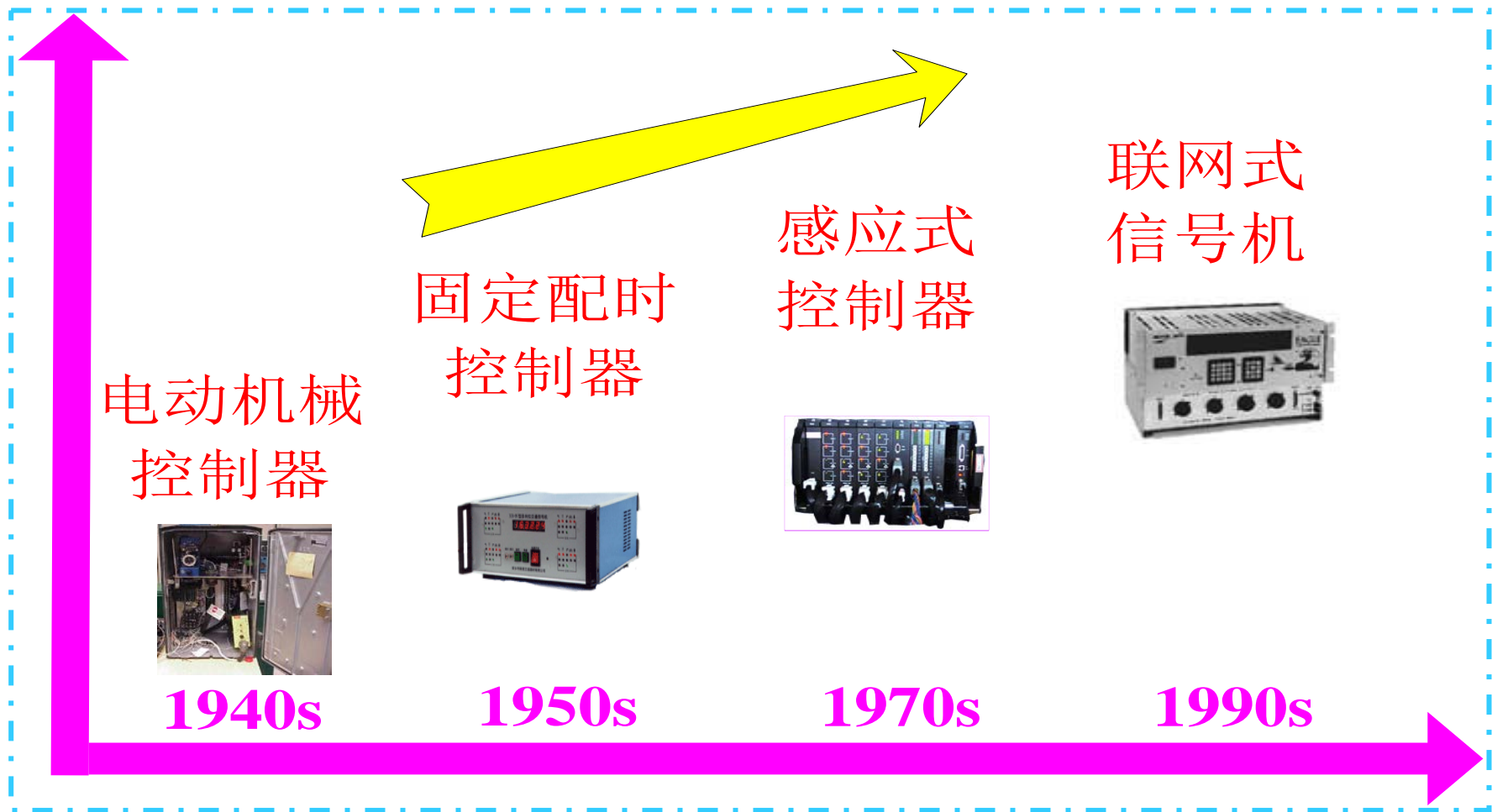
1914年，美国俄亥俄州Cleveland市安装了第一组电子交通信号灯

我们熟知的红、黄、绿三色的信号灯则最早于**1918年**安装在美国纽约市

随着交通信号灯的广泛使用，交通信号机也应运而生！



交通信号机的发展历程



第一阶段：电动机械信号机

在美国，上世纪**50年代**以前，大都采用电动机械装置进行信号灯控制。这种**电动机械控制器**利用轮轴定时切换信号灯的供电。



这种信号控制器采用机械方式，不需要任何软件，也没有相应的标准。

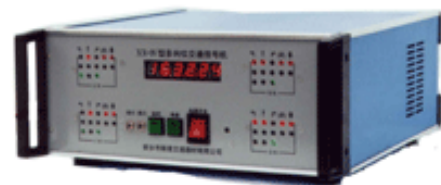


直到现在，这种控制器仍在美国纽约和芝加哥等许多城市使用。



第二阶段：固定配时信号机

- 19世纪50年代，开始出现电子交通信号控制设备，初期主要靠经验和历史交通数据确定单台信号机的**信号周期和绿信比**，并由**计算机技术实现自动控制为定周期控制和多时段控制**。
- 到目前为止，仍在广泛使用。
- 存在的主要问题是配时方案效果依赖于长期的观察经验，且**不能“实时”反映路口的交通流量变化**。



第三阶段：感应式信号机

- 19世纪70年代，产生了大量的感应式交通信号控制设备。根据**车辆检测器测得的交通流数据**来调节单台信号机的信号显示时间的控制方式。
- 分为半感应控制和全感应控制两种。
- 交通流不饱和情况下，能取得很好的应用效果，当交通流接近饱和时，优化能力相当有限。



第四代：符合开放标准的联网式信号机

- Model 170控制器的出现和NEMA TS标准的发布大大推进了信号机的发展。
- Model 170由Caltrans和NYSDOT定义了详细的硬件标准。
- NEMA TS在硬件标准的基础增加了控制功能标准。
- 在此基础上，19世纪90年代，产生信号机的里程碑产品NEMA 2070。



NEMA 2070控制器



我们的成果：5代信号控制器

1999-2001

2001-2002

2002-2004

2004-2006

2006-2008

第1代

基于 VZ328 实现的信号控制器为以后的发展奠定了基础

第2代

基于DSP实现，确立了信号控制器的基本功能模块

第3代

基于DSP实现的信号控制器，从体系结构和功能模块上都有了创新

第4代

基于ARM7处理器的信号控制器，采用了2070硬件标准和NTCIP通信协议

第5代

网络化交通信号控制器，结构和功能都可裁减，更强大的网络通信能力



报告提纲

智能交通与交通信号控制发展

物联网与城市交通：智能路上的智能车

复杂交通的控制与管理：ACP方法

未来城市交通：基于物联云的平行交通

基于物联网的城市智能交通

城市交通传感网（WSN-T）



物联网（Internet of Things）的概念

□ 基本定义

- 通过RFID、红外感应器、GPS、激光扫描器、摄像机等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通信，以**实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络**
- Internet of Things: 物物相连的互联网

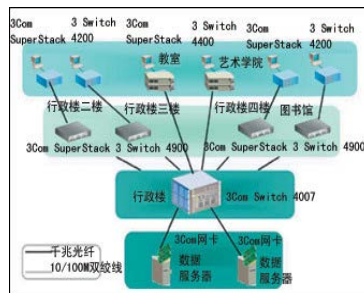
□ 两个重要特征

- **物联网**的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上延伸和扩展的网络
- 用户端延伸和扩展到了**任何物体与物体之间，进行信息交换和通信**



物联网的应用领域

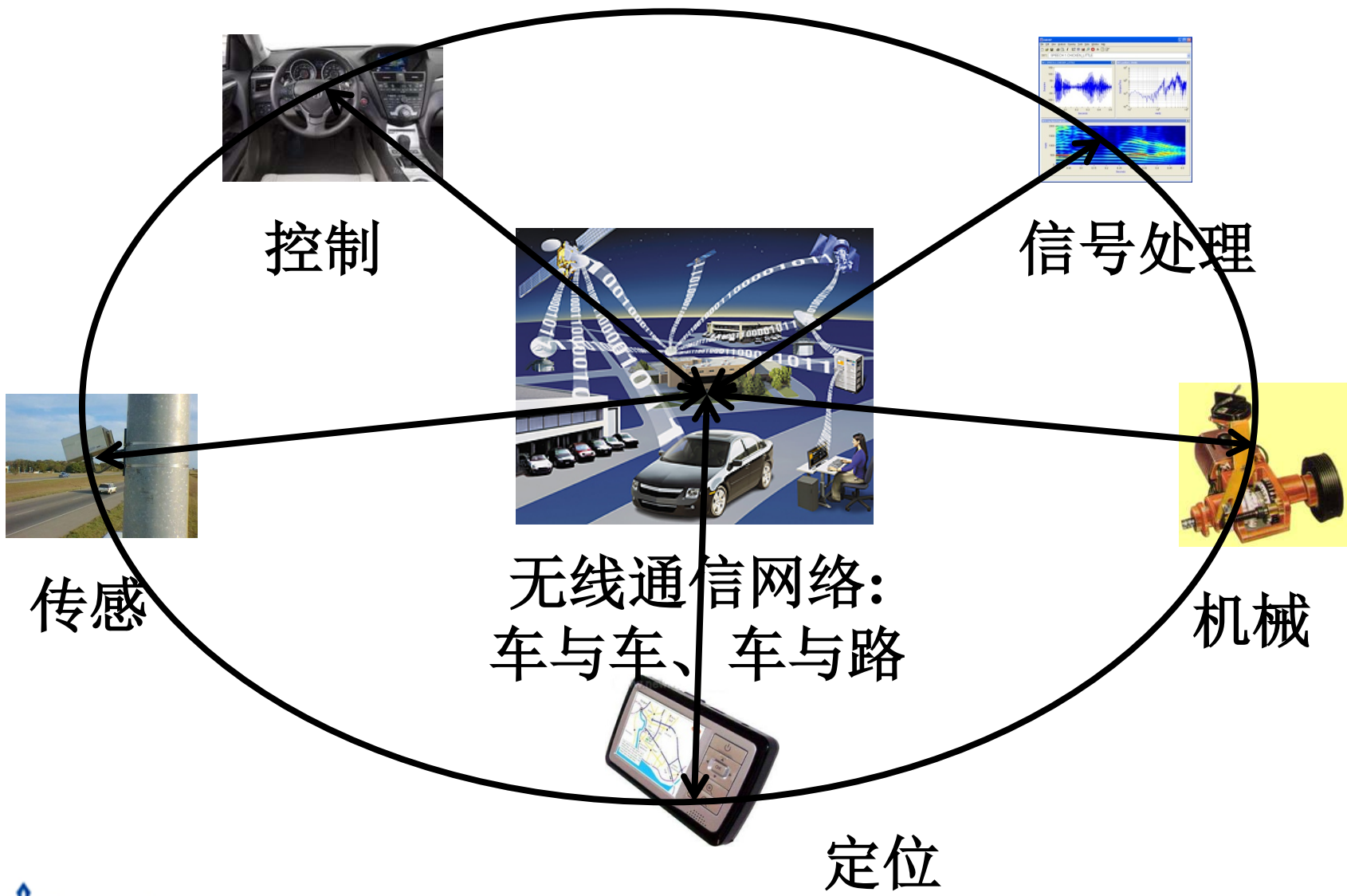
- 智能交通
- 智能家居
- 智能城市
- 智能医疗
- 智能环保
- 智能农业
- 智能物流
- 智能校园
- 智能电网
-



图片源自互联网

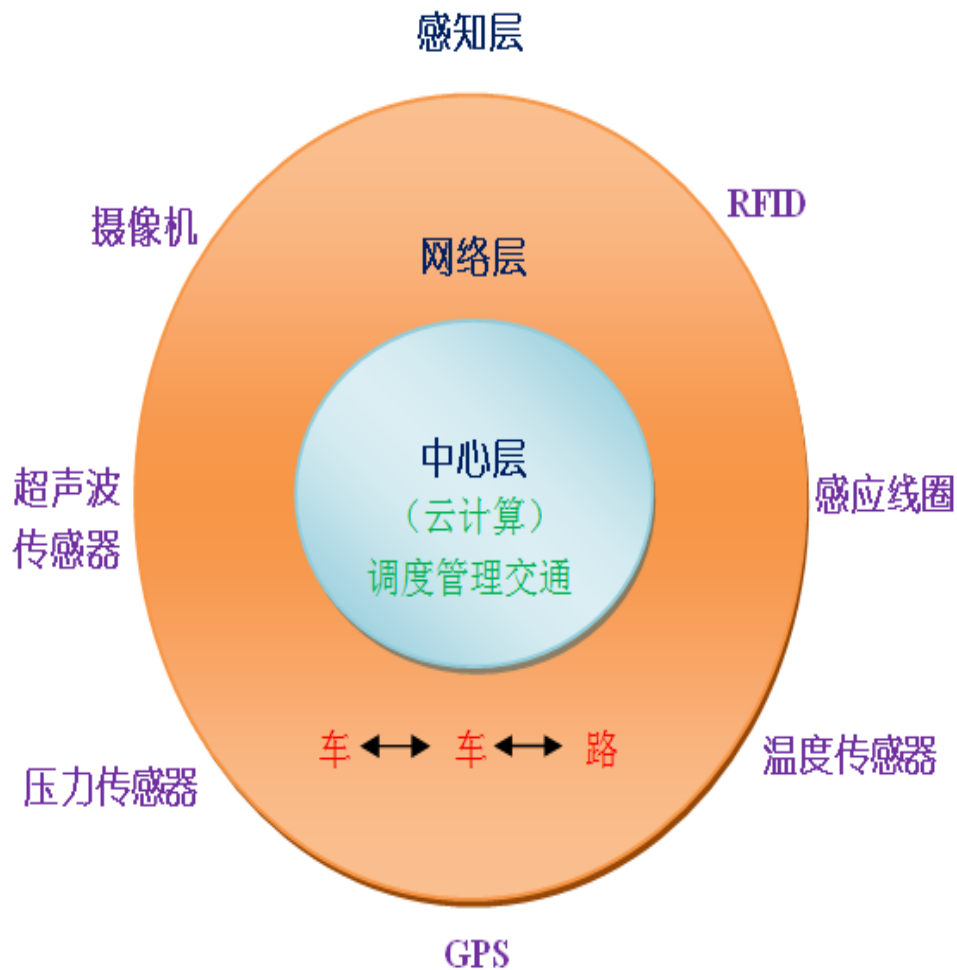


物联网环境下的智能交通空间



智能交通空间的三层结构

- **感知层**：交通相关的RFID、红外感应器、GPS、激光扫描器、摄像机等信息传感设备
- **网络层**：利用有线或无线网络，实现车与车、车与路的互联互通
- **中心层**：通过云计算平台实现数据存储和智能计算，调度管理交通



智能交通空间的关键技术

全面、静动态感知技术

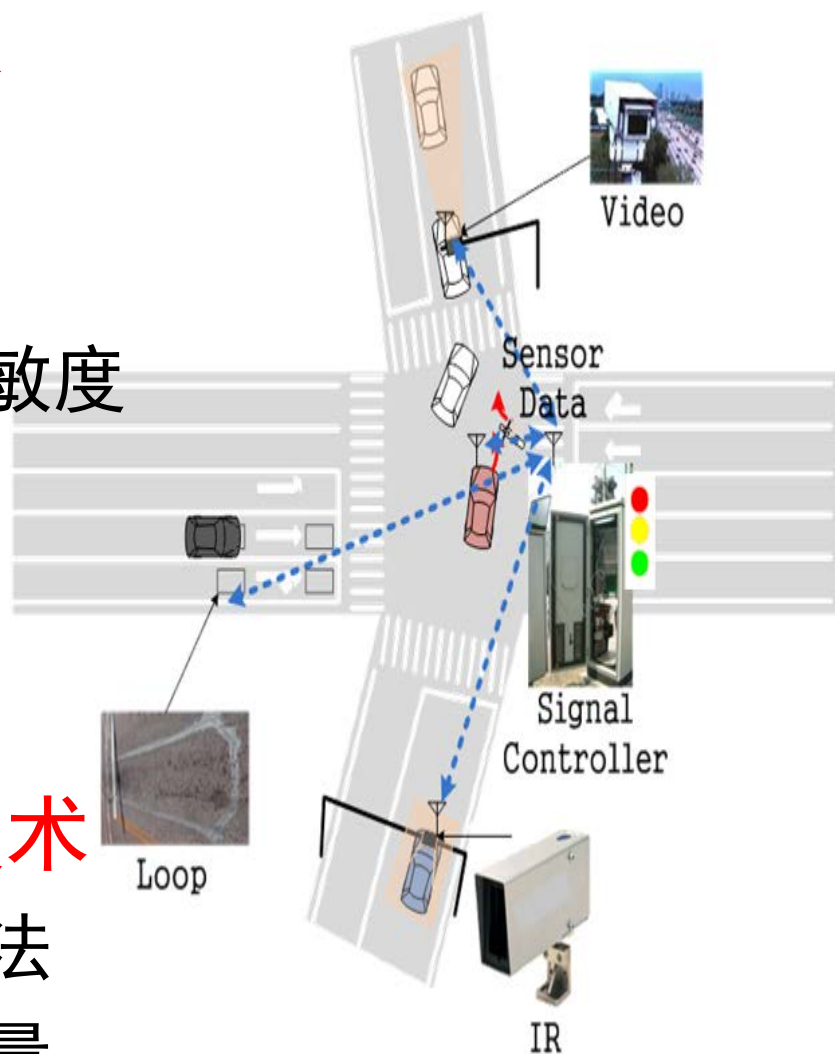
- 多模态感知
- 传感器融合
- 低功率，小型化，高灵敏度

交通专用通信技术

- 高速移动环境
- 多跳，Ad-hoc与超宽带

智能交通空间的计算技术

- 嵌入式系统中的智能算法
- 提高智能性，减少数据量



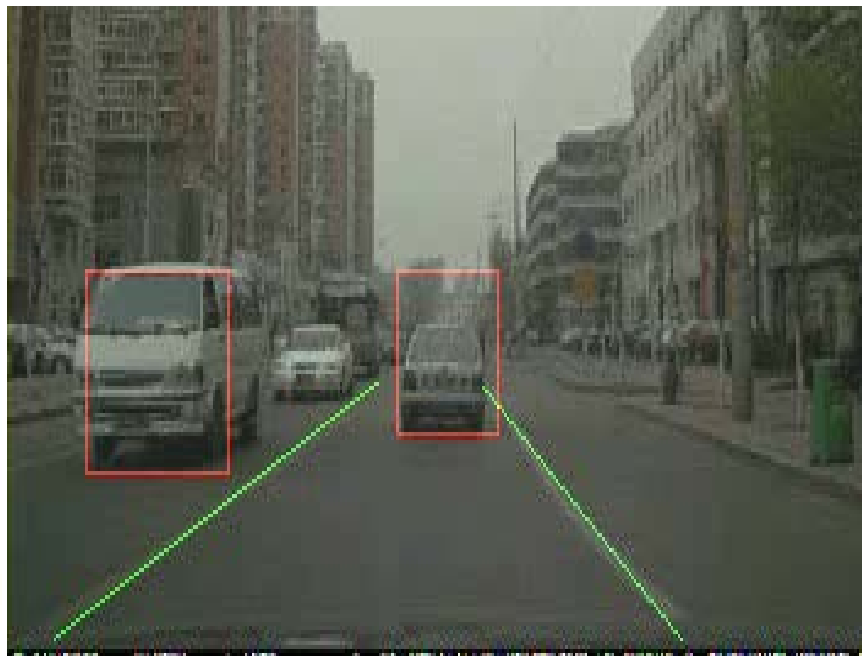
智能交通空间的被动感知



路侧感知设备



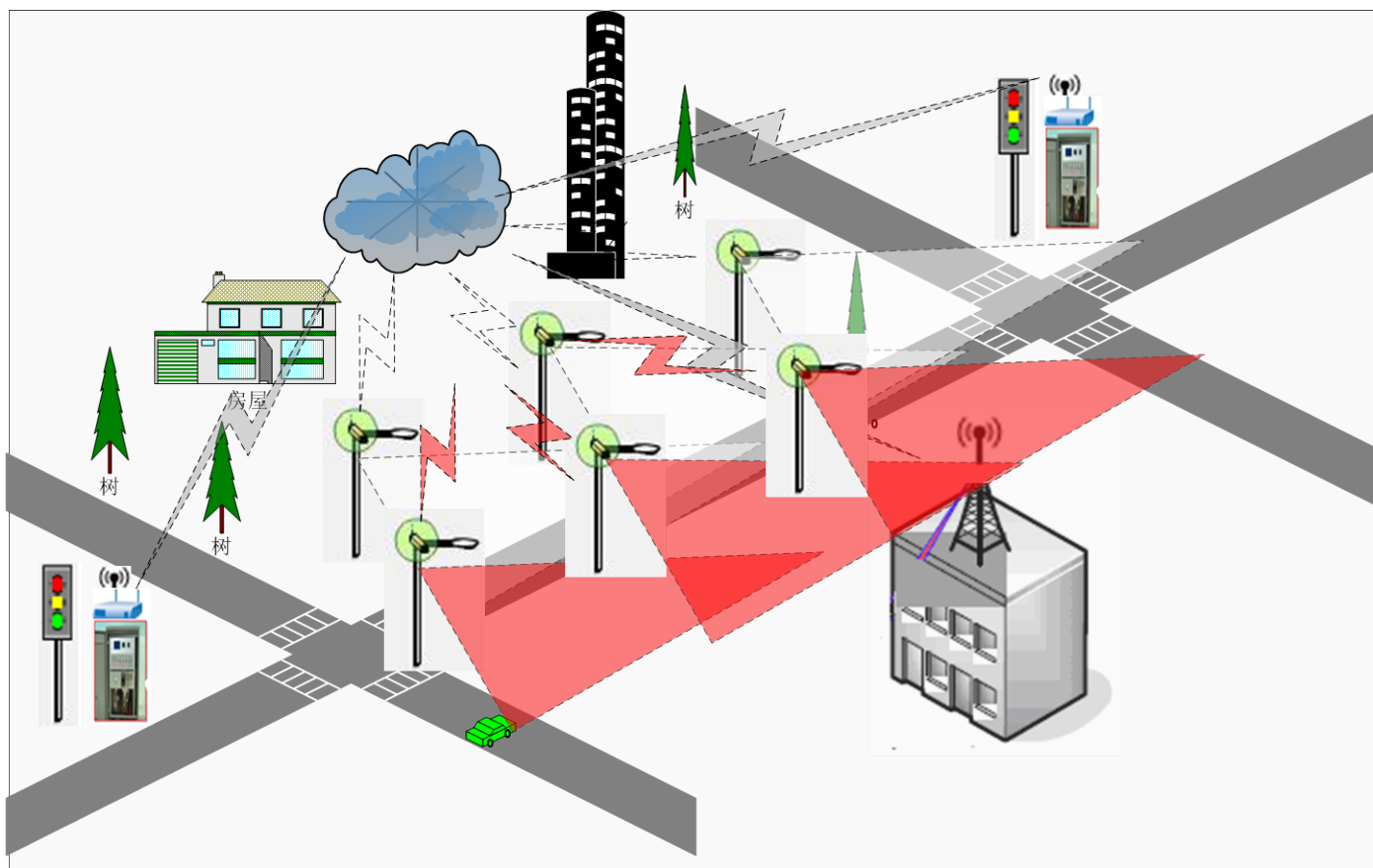
智能交通空间的主动感知



车载感知设备



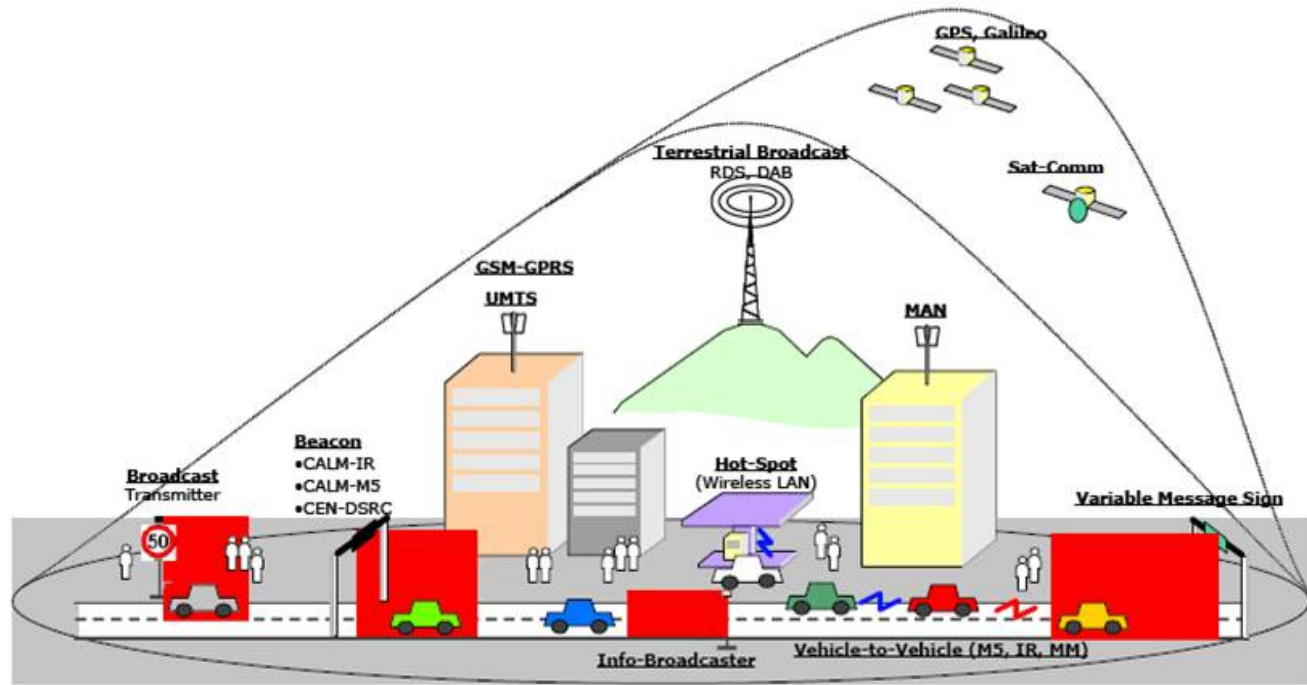
智能交通空间的多传感器协作



路侧被动感知+车载主动感知设备



智能交通空间的普适通信

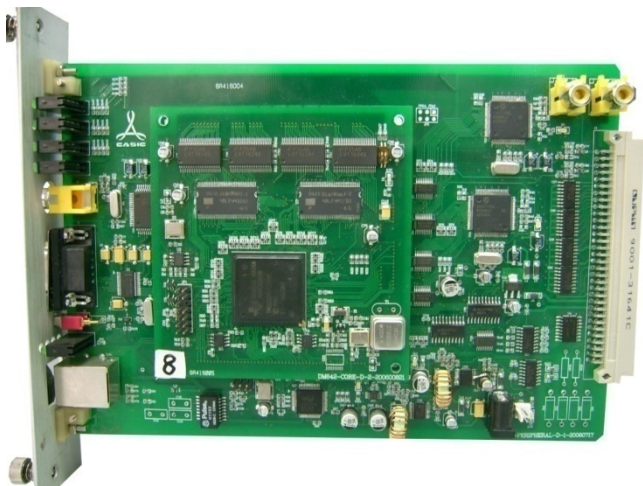


- ISM*
- DSRC*
- GPRS*
- WCDMA /D-SCMDA/CDMA2000*
- WiFi*
- WiMAX*
- GSM*

各种各样通信网络的集成!



RoadScope: 车流视频分析

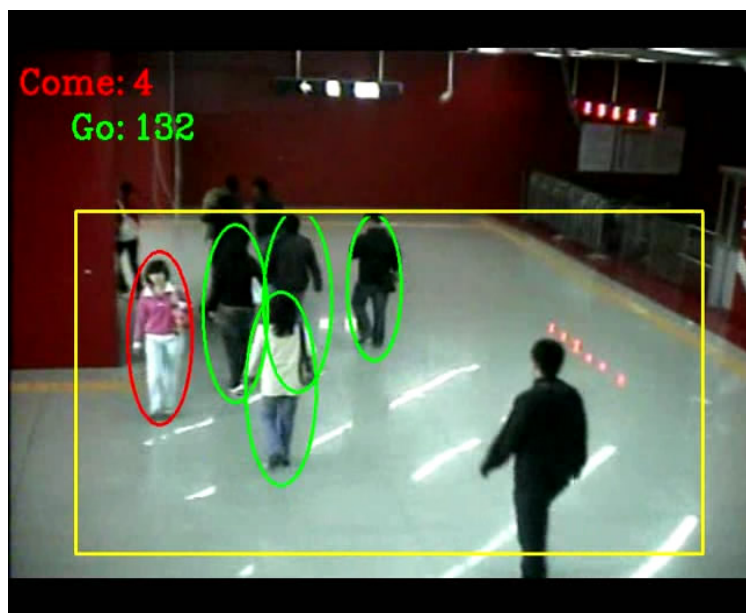


- 车流量
- 占有率
- 平均速度
- 交通密度
- 车辆长度
- 车辆类型
- 排队长度
-



RoadScope: 人流视频监控

□ 室内应用



人流统计计数，监控人流密度，及时疏散引导

□ 室外应用



监控车站滞留人群数量、密度，及时调度车辆



智能车辆（Intelligent Vehicles）

- **智能车辆**是一个集环境感知、规划决策、多等级辅助驾驶等功能于一体的综合系统，它集中运用了计算机、现代传感、信息融合、通讯、人工智能及自动控制等技术，是典型的高新技术综合体
- 智能车辆的作用
 - **军用：**无人作战平台、太空探测等
 - **民用：**汽车主动安全、自适应巡航、自动泊车等



智能车辆的发展历史（国外）

- 从20世纪70年代，美欧等发达国家开始进行无人驾驶车辆的研究，大致可以分为二个阶段：军事用途、高速公路环境和城市环境
- 从2004年起，美国国防部高级研究项目(DARPA)开始举办机器车挑战大赛(Grand Challenge)
 - 第一届：2004年，沙漠地形，240公里赛程，最佳车队成绩11.78公里
 - 第二届：2005年，沙漠地形，212公里赛程，4辆无人车在10小时内挑战成功，斯坦福大学夺冠
 - 第三届：2007年，城市环境，96公里赛程，4辆无人车在6小时内挑战成功，卡内基梅隆大学夺冠



谷歌公司智能车



Autonomous Driving

Google's modified Toyota Prius uses an array of sensors to navigate public roads without a human driver. Other components, not shown, include a GPS receiver and an inertial motion sensor.

LIDAR

A rotating sensor on the roof scans more than 200 feet in all directions to generate a precise three-dimensional map of the car's surroundings.

POSITION ESTIMATOR

A sensor mounted on the left rear wheel measures small movements made by the car and helps to accurately locate its position on the map.

VIDEO CAMERA

A camera mounted near the rear-view mirror detects traffic lights and helps the car's onboard computers recognize moving obstacles like pedestrians and bicyclists.



RADAR

Four standard automotive radar sensors, three in front and one in the rear, help determine the positions of distant objects.

Source: Google

THE NEW YORK TIMES; PHOTOGRAPHS BY RAMIN RAHIMIAN FOR THE NEW YORK TIMES

图片源自互联网

<http://www.lzjygn.com/logs/392.html>



帕尔玛大学智能车

- 2010年7月26日-2010年10月28日，从意大利无人驾驶到中国上海，全程13,000公里



智能车辆的发展历史（国内）

- 我国从上世纪80年代开始进行无人驾驶车辆的研制开发
- 2009年和2010年，在西安举办了两届中国“智能车挑战未来”比赛，包括城市环境和乡村环境



智能车的关键技术

□ 智能识别

- 车辆检测； 行人检测
- 障碍物检测； 交通标志检测
- 驾驶员状态检测

□ 软件结构和平台技术

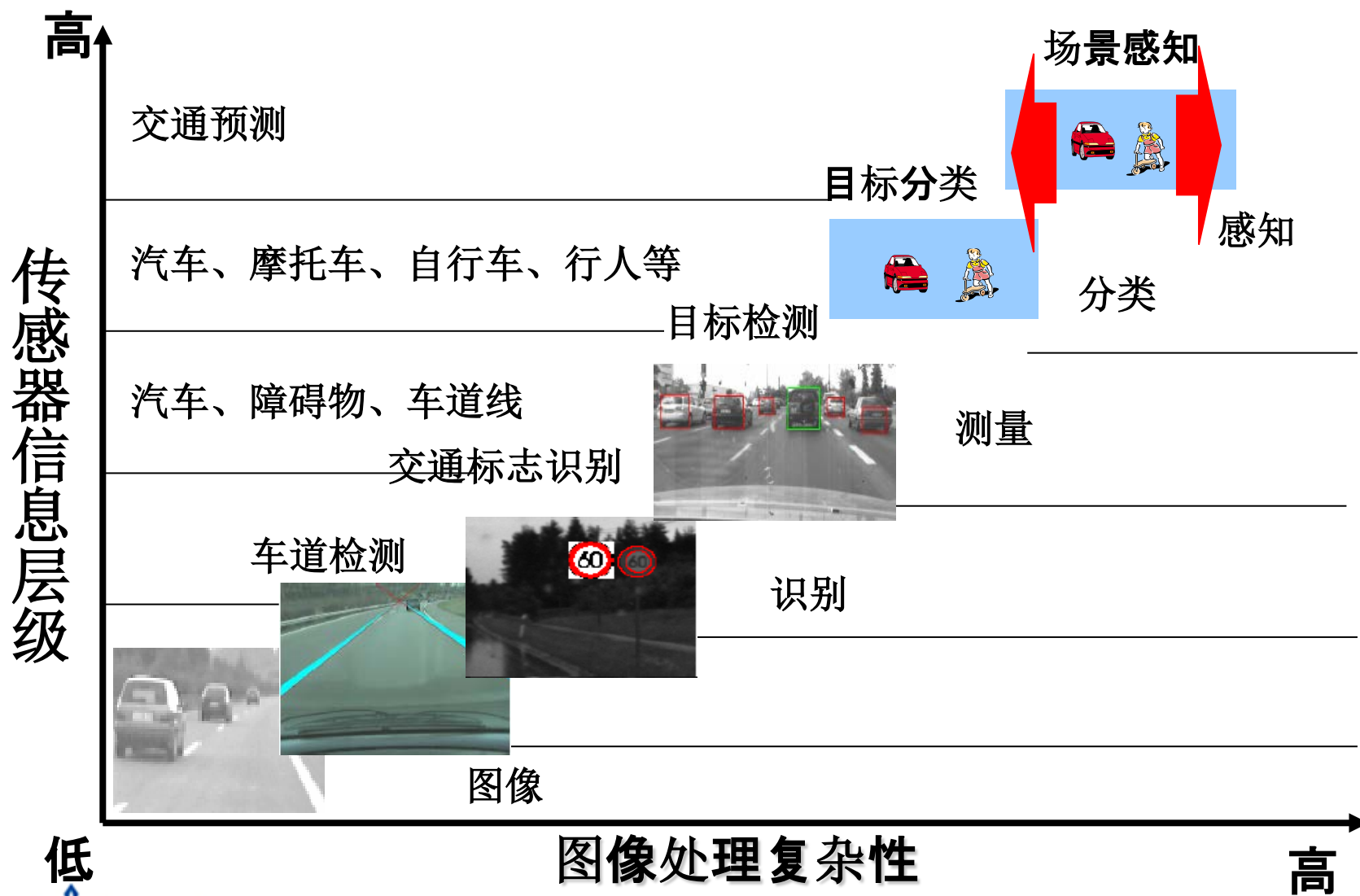
- 产品设计； 软件结构； 原型软件

□ 通信技术

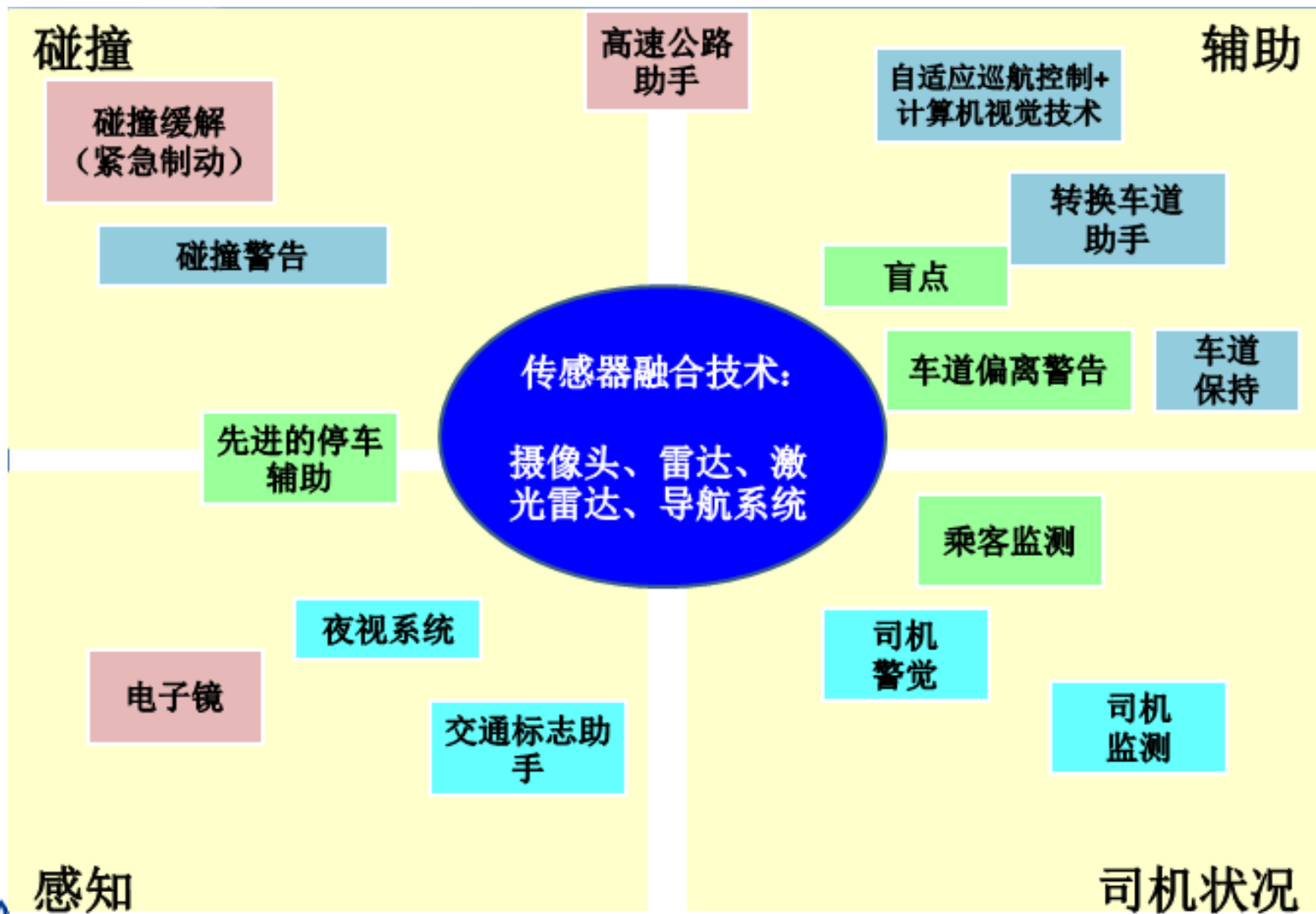
- 车内通信； 车车通信； 车路通信



图像处理技术



用途：汽车主动安全



挑战—以车辆检测为例

□ 智能车辆上的实时运动/静止目标识别与跟踪

➤ 室外环境

- 不同光照（白天、夜晚、隧道），阴影、反光
- 不同天气（晴天、多云、雨天、雪天）

➤ 路况复杂

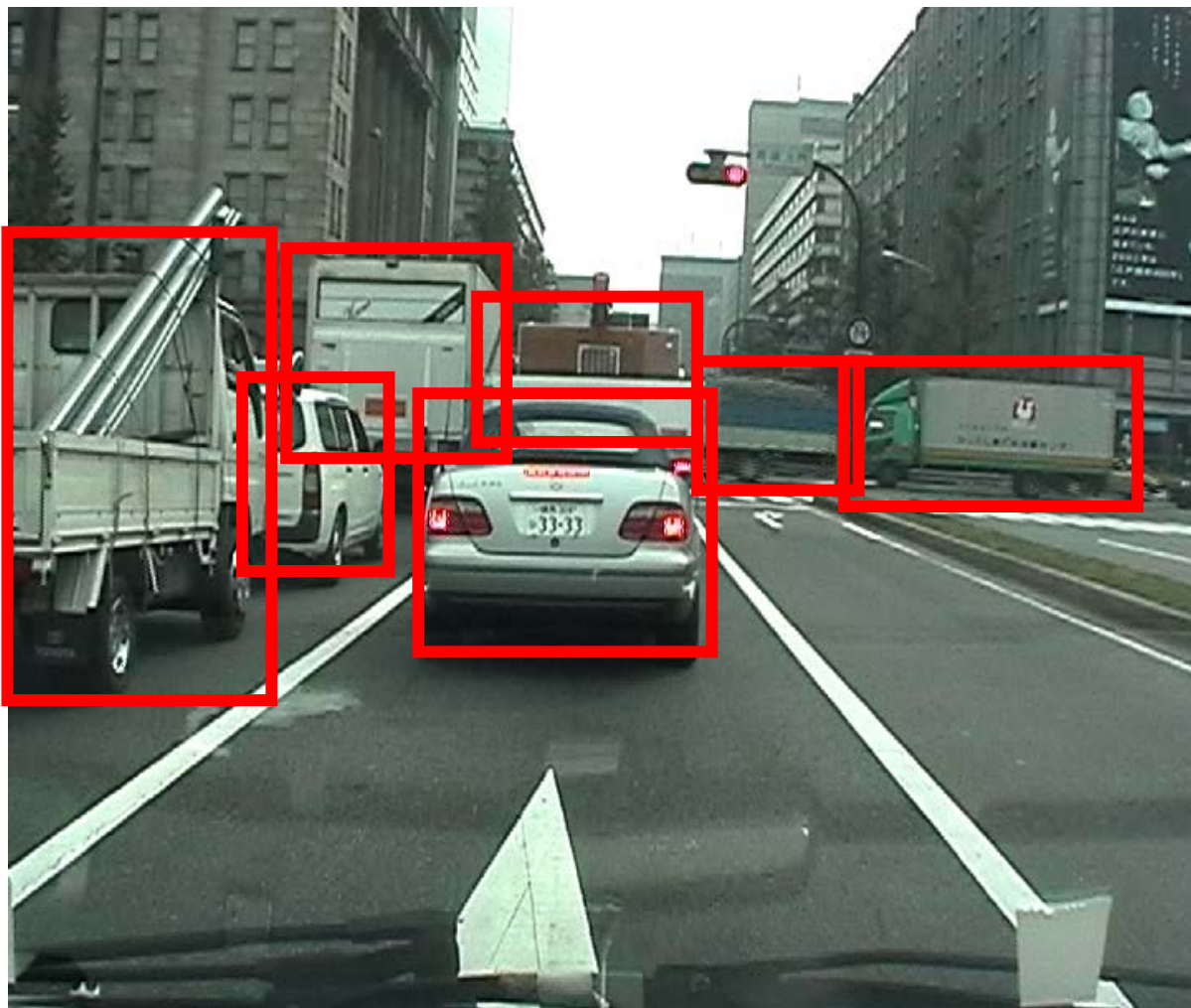
- 不同道路（高速路、城市道路、隧道）
- 背景复杂（建筑物、树木、防护栏、路牌）

➤ 车载平台

- 视角特殊（目标遮挡频繁、目标结构信息较少）
- 摄像机、目标、背景相对运动
- 车辆震动、图像摇摆



挑战—以车辆检测为例



- ☑ 多个目标
- ☐ 目标各异
- ☐ 部分遮挡
- ☐ 朝向不同
- ☐ 尺度不同
- ☐ 背景复杂
- ☐ 不同光照和天气

挑战—以车辆检测为例



- ☑ 多个目标
- ☑ 目标各异
- ☑ 部分遮挡
- ☑ 朝向不同
- ☑ 尺度不同
- ☑ 背景复杂
- ☑ 不同光照和天气

报告提纲

智能交通与交通信号控制发展

物联网与城市交通：智能路上的智能车

复杂交通的控制与管理：ACP方法

未来城市交通：基于物联云的平行交通

基于物联网的城市智能交通

城市交通传感网（WSN-T）



复杂交通控制与管理面临的困境

(实际需要研究的范围)

(传统研究的范围)



社会复杂性

+



工程复杂性

大
如何去解决?
ACP方法



关于复杂系统的基本推论

- 应当采用整体论的观点考虑复杂系统的问题。

(A人工系统概念的引入)

- 复杂系统问题一般不存在“一劳永逸”的解决方案。

(C计算实验概念的引入)

- 复杂系统问题一般不存在一般意义下的最优解，更不存在唯一的最优解。

(P平行执行概念的引入)



复杂系统基本方法-ACP方法

信息、心理、仿真和决策一体化

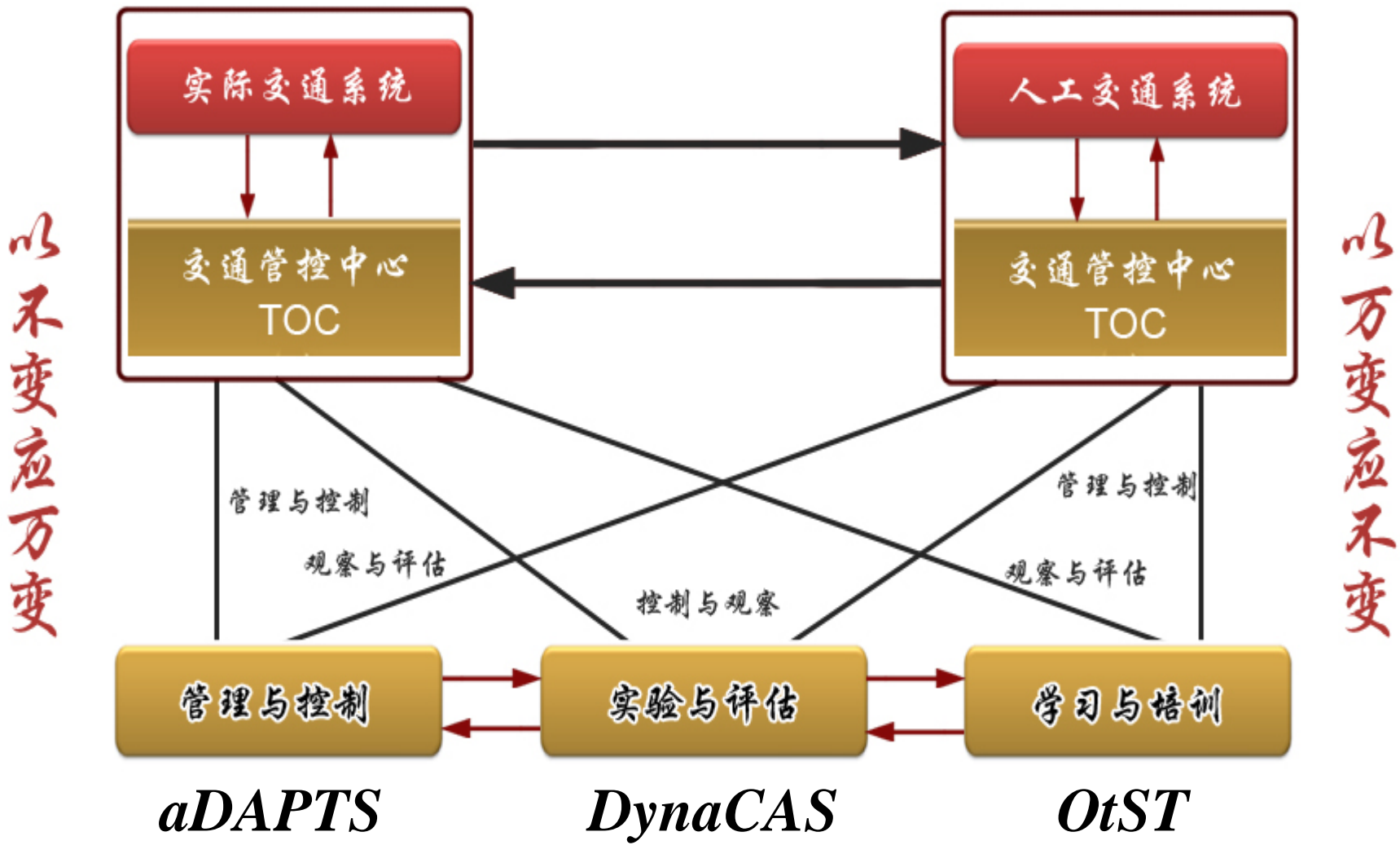
核心方法

- 人工系统与复杂系统的建模
- 计算实验与复杂系统分析和评估
- 平行执行与复杂系统控制的实现
- 现代计算手段的应用
- 综合集成的研讨厅体系的应用

ACP = 人工社会 + 计算实验 + 平行执行



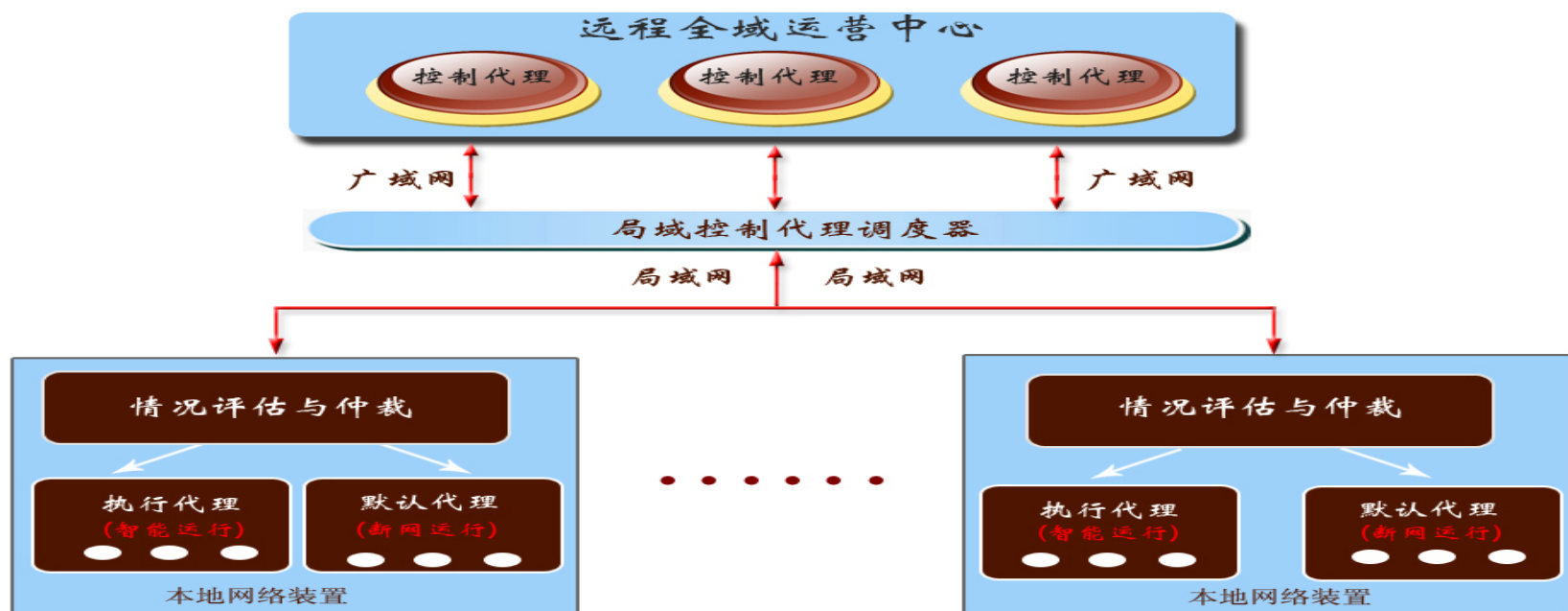
平行交通管理与控制系统：PtMS



aDAPTS: 基于代理的控制与管理

- 从按需求进行编程走向按需求进行控制。
- 从控制算法走向控制代理(Control Agents)。

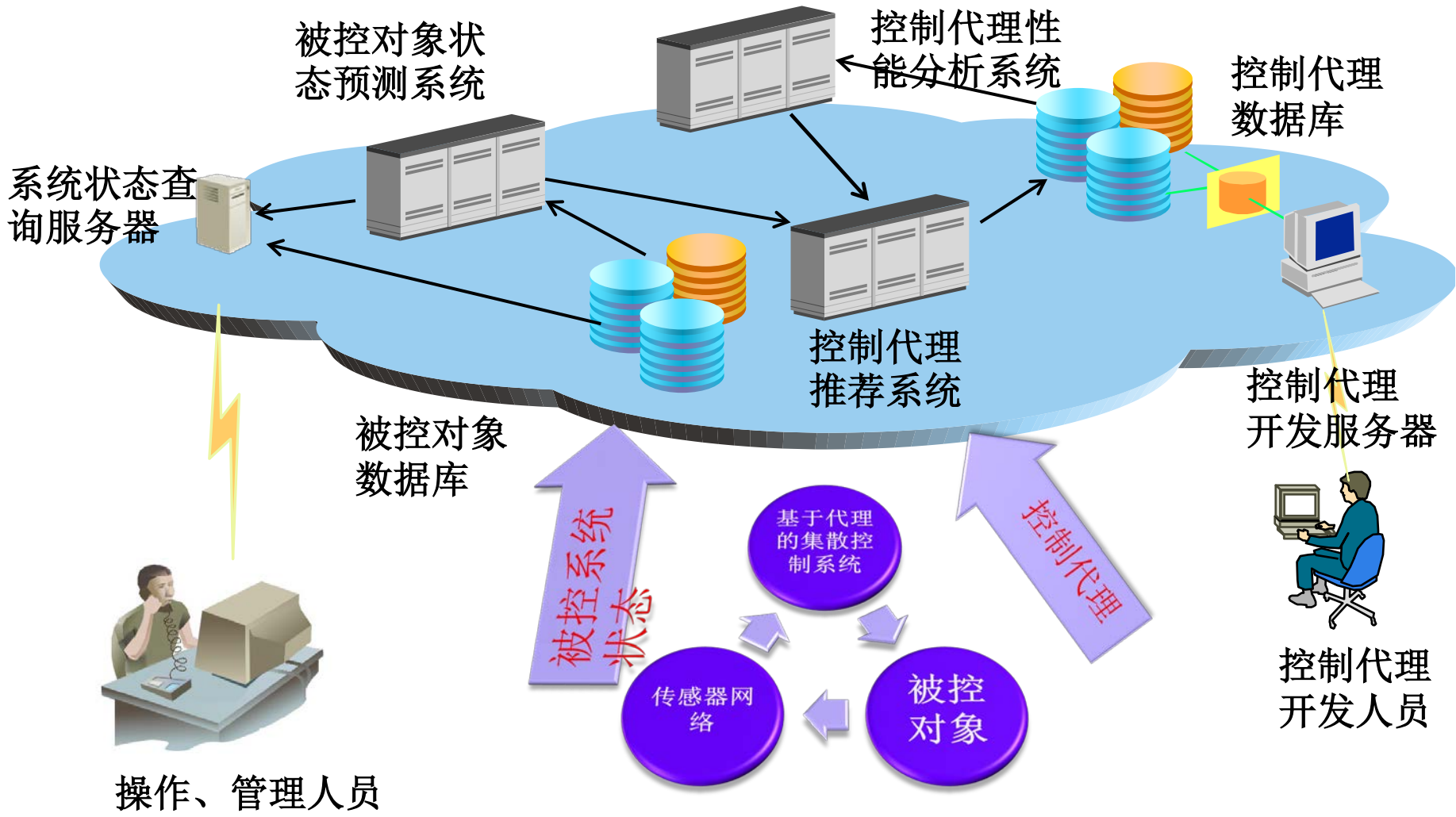
代理控制的基本机制



代理控制的意义：网络时代的智能控制理论和方法体系



基于代理的交通控制与管理系统的架构图



aDAPTS的系统实现特点

完备的集中式
控制算法



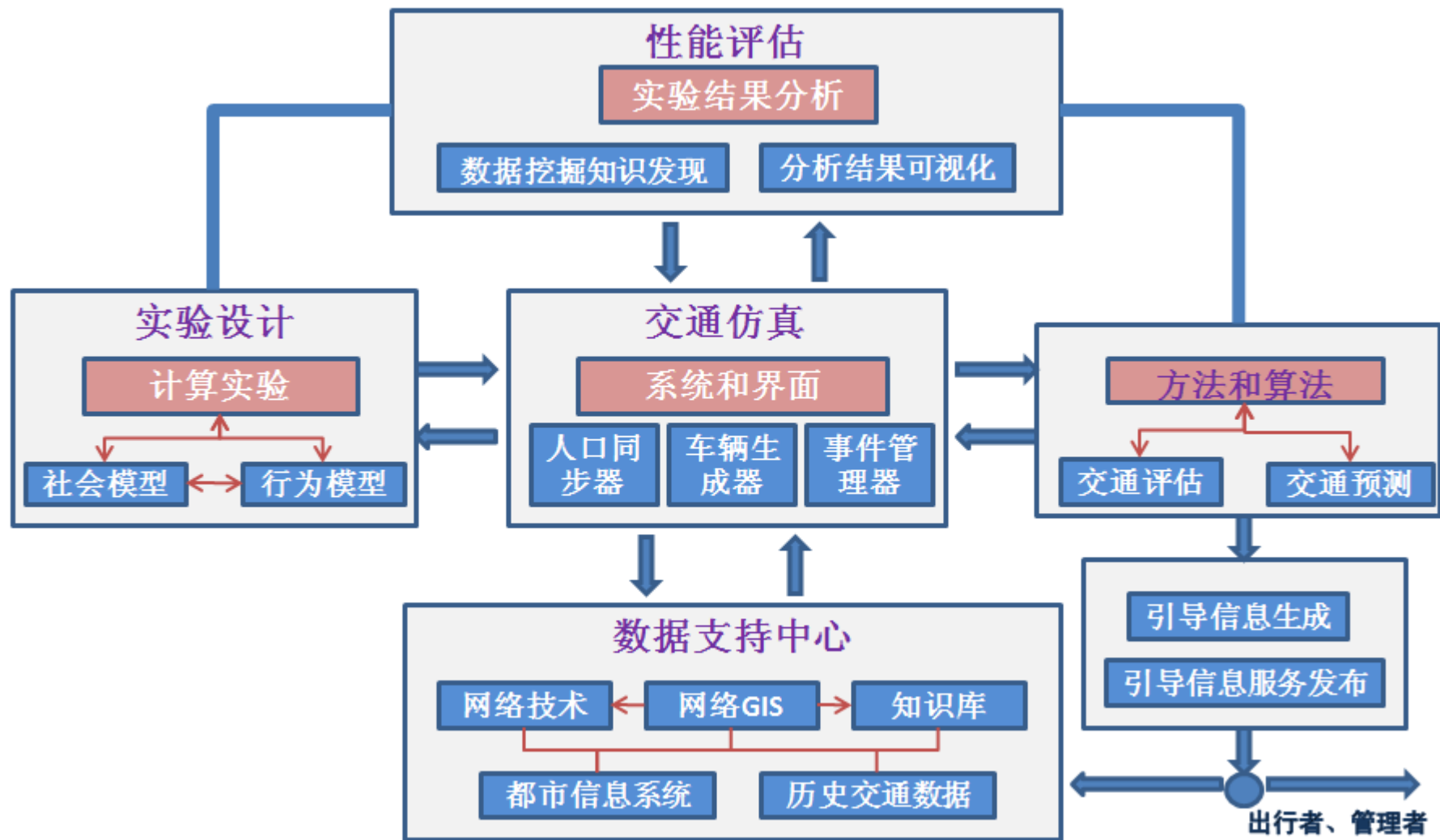
面向具体任务的
简单分散式
控制代理

- **空间上:** 固定交通控制单元 → 移动于网络之中
- **决策上:** 单点控制 → 区域控制
- **功能上:** 单一控制 → 控制与通信的协调集成
- **方法上:** 一般功能分解 → 面向特定任务集成

系统设计规则— **“当地简单，远程复杂”**



DynaCAS: 从交通仿真到计算实验

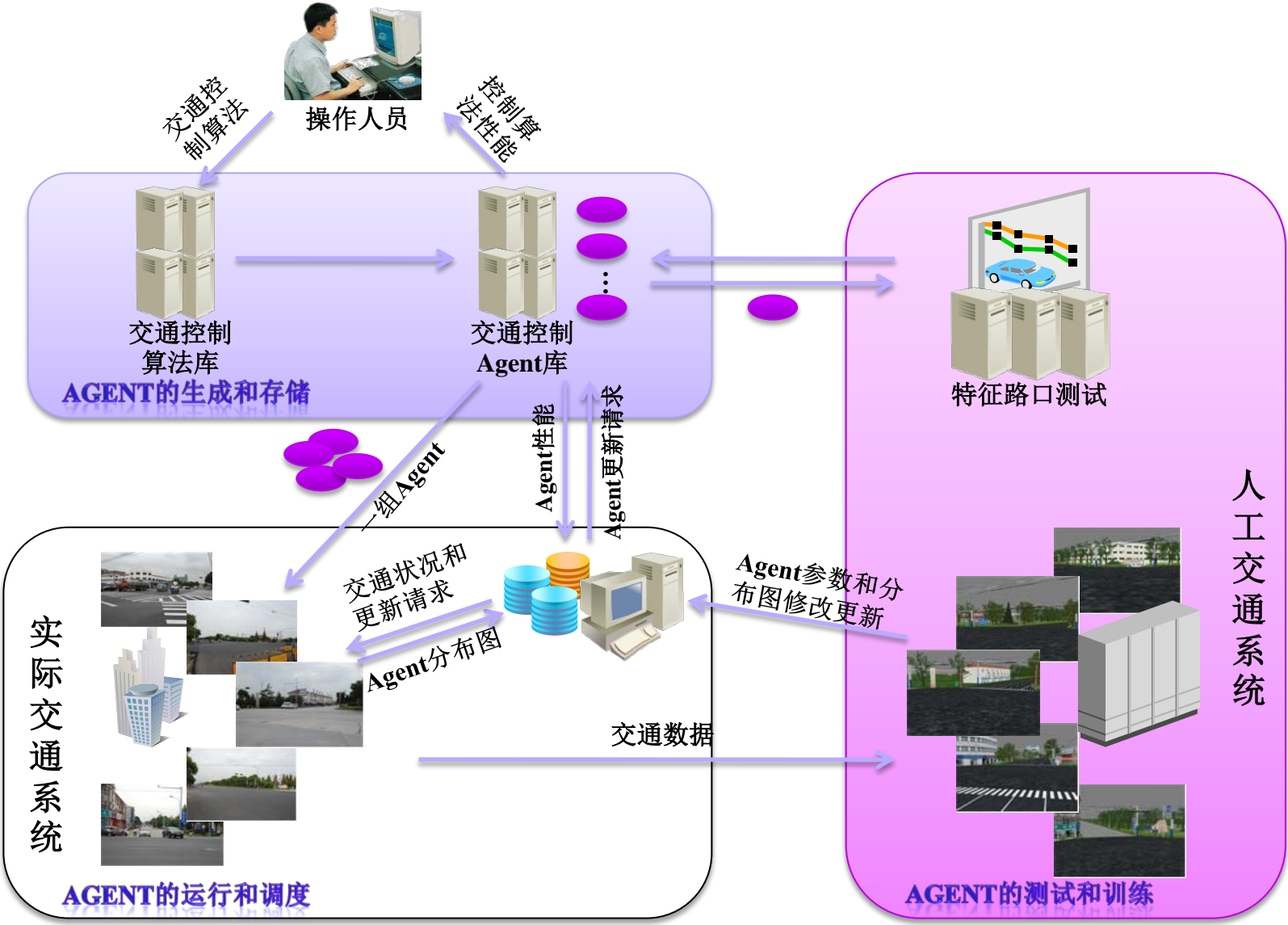


计算实验的特点

- 对象的描述上，更强调规则的作用
- 根据人的生理、心理、经济、社会活动等的需求产生交通出行，更强调人的自主性
- 对于自主性的研究，更强调可能性和规律性并重
- 考虑了与交通相关的其它系统的影响和作用，更强调系统性
- 由硬到软，由底向上，更调整体性
- Hardware-in-the-loop，更强调虚实系统的互通互连
- 通过数据分析揭示规律性，更强调通过“涌现”探索其中的规律



OtST: 从离线学习到在线学习



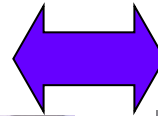
平行交通控制与管理系统PtMS V1.0



人工系统



实际系统



PtMS V2.0

(IEEE ITSC 2008)



PtMS V3.0

(CCTV 2009)



平行交通控制与管理系統PtMS V4.0

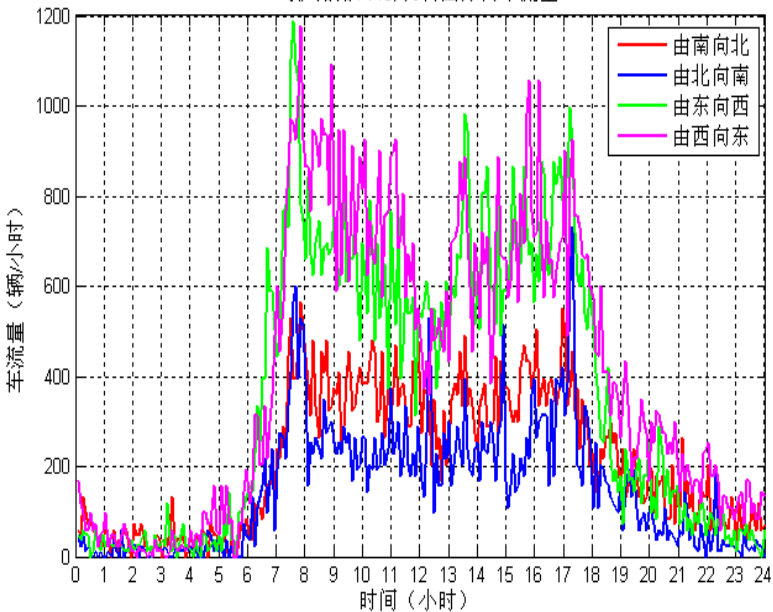
(2010-973成果在苏州道路交通控制中的应用)



太仓实际应用效果

- 实现了运行状态实时监控，故障实时检测
- 在几乎不增加实施成本情况下，实现了两次系统升级
- 交通信号控制效果
 - 主路通行能力增加了26%
 - 主路排队长度减少了10-15%

飞沪路路口10月9日四方向车流量



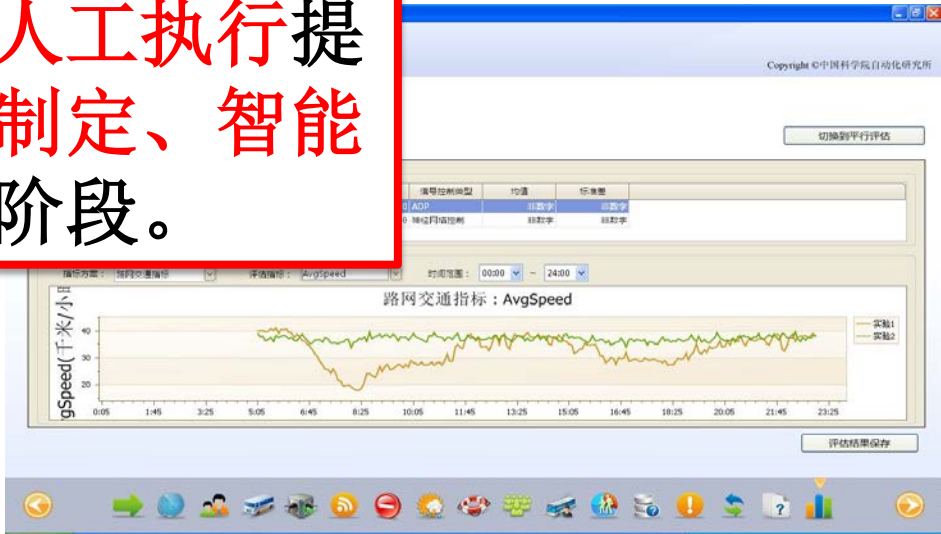
应用：广州亚运会公共交通平行管理系统



广州的评价：首次使出租车、公共交通管理从凭经验、靠人工执行提升为科学化制定、智能化执行的新阶段。

广州亚运会公共交通平行管理系统 PtMS for GuangZhou Public Traffic of the 16th Asian Games Guangzhou 2010

中国科学院自动化研究所



报告提纲

智能交通与交通信号控制发展

物联网与城市交通：智能路上的智能车

复杂交通的控制与管理：ACP方法

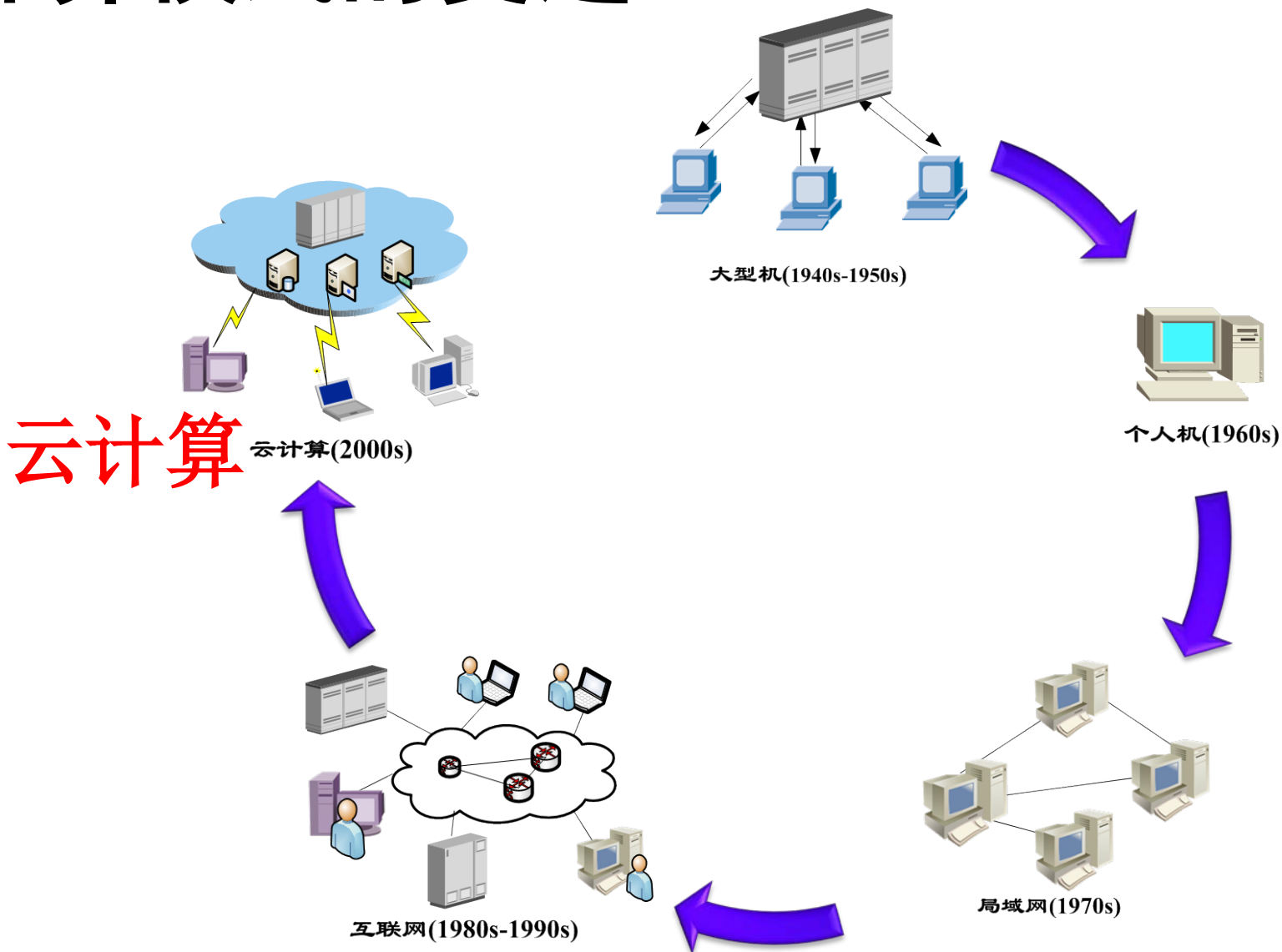
未来城市交通：基于物联云的平行交通

基于物联网的城市智能交通

城市交通传感网（WSN-T）

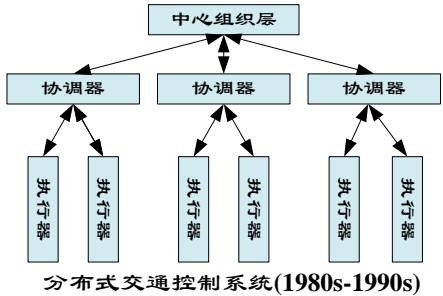
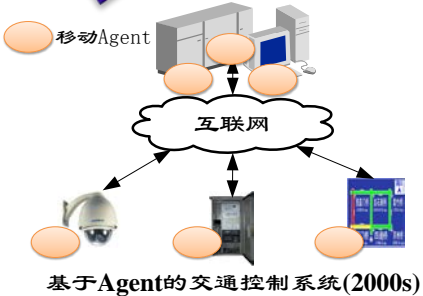
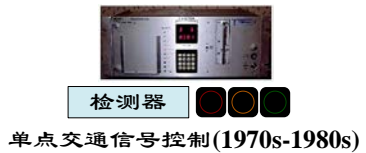
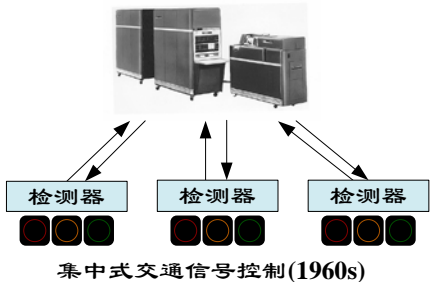
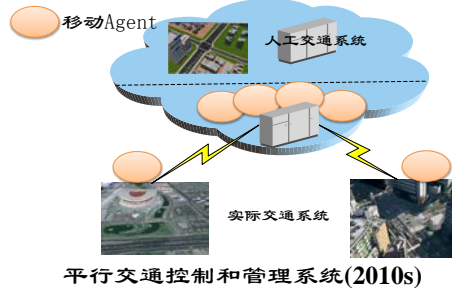


计算模式的变迁

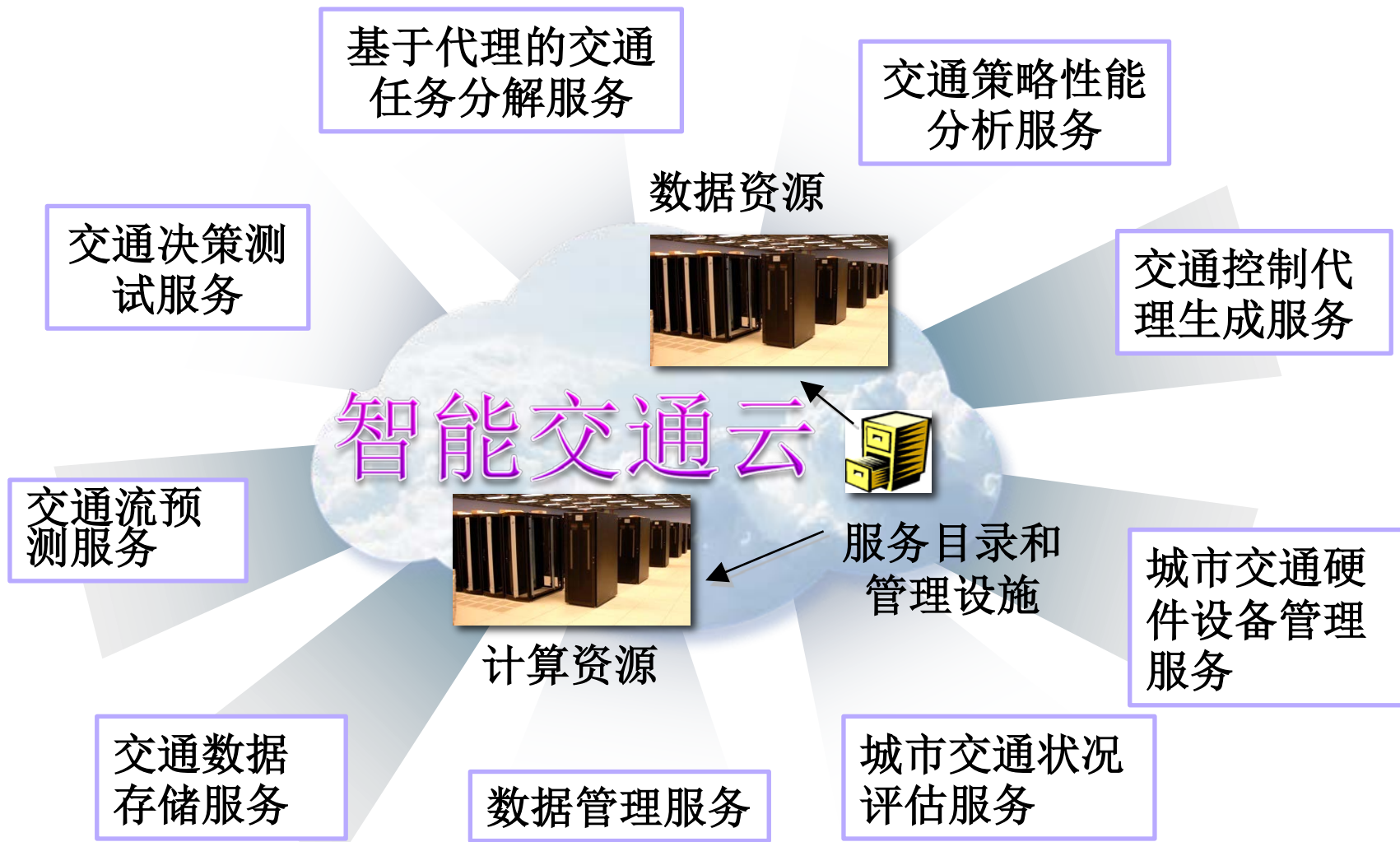


交通控制与管理模式的变迁

基于物联网的交通平行控制与管理



智能交通云提供的服务



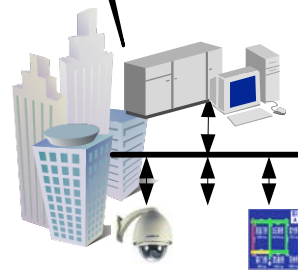
智能交通云的用户



交通参与人员



交通控制算法开发人员



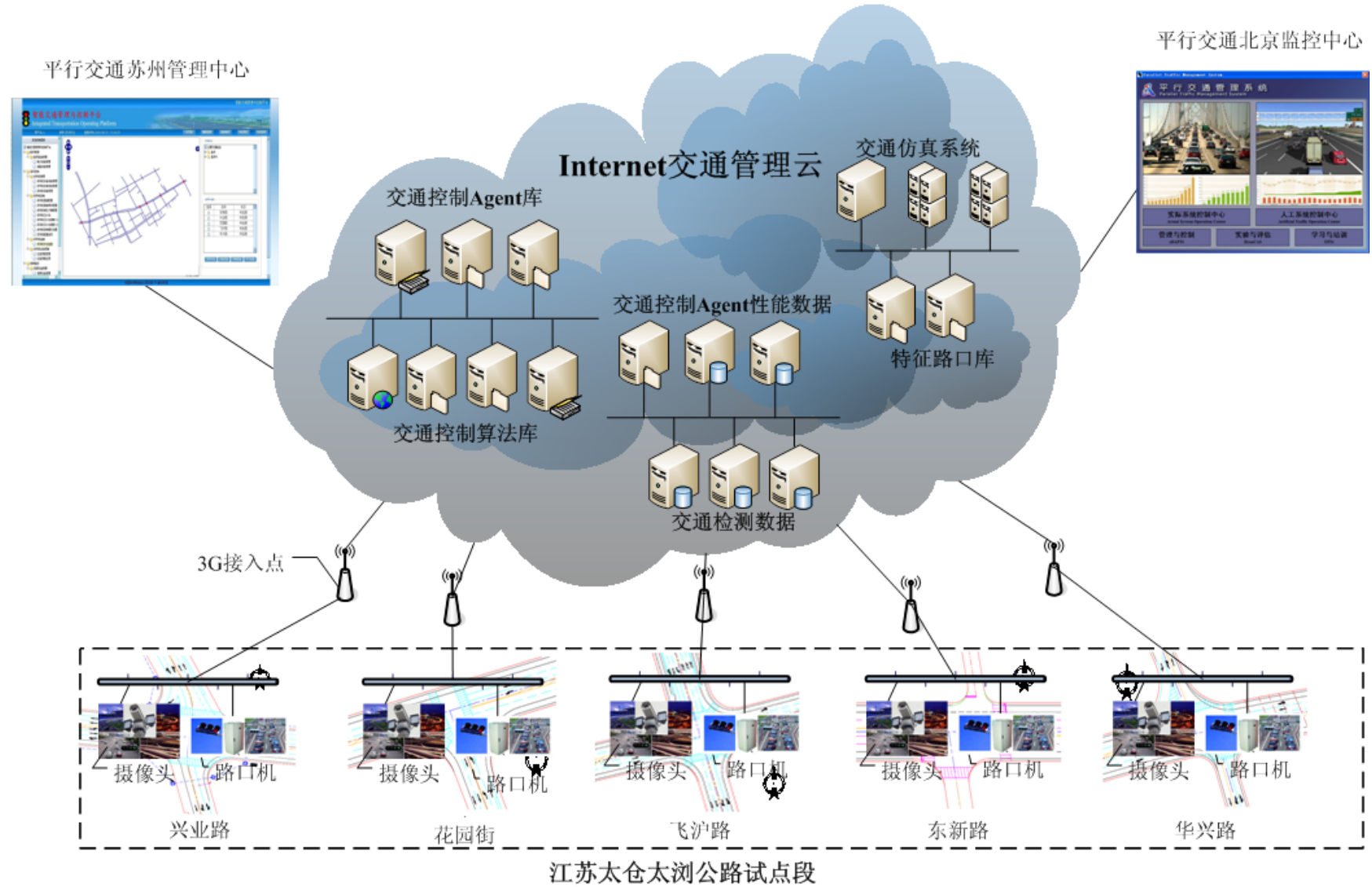
交通控制系统



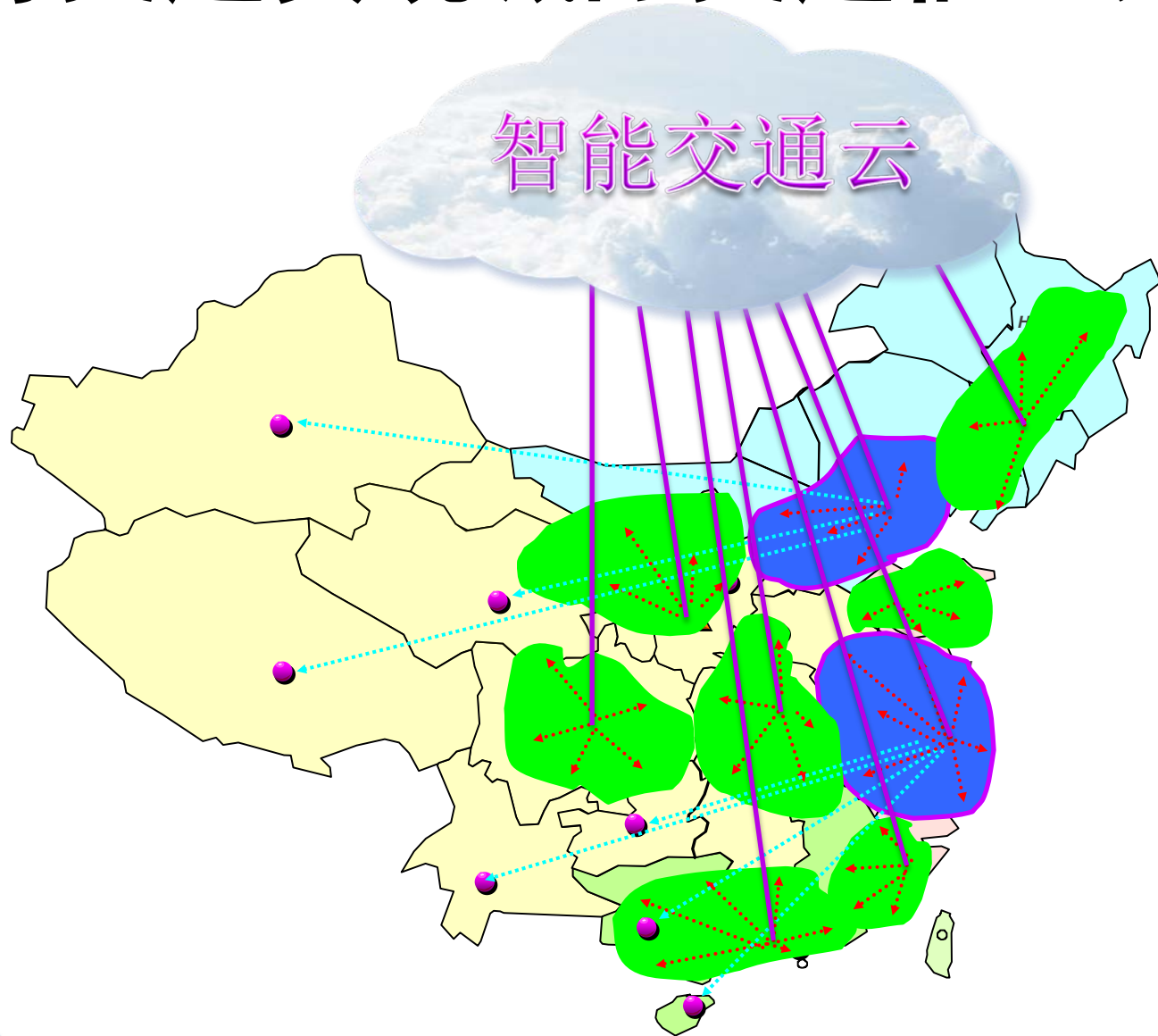
交通管理人员



原型系统：江苏太仓PtMS



平行交通实现城际交通信息共享



消除城市之间的信息孤岛，构建平行城市



报告提纲

智能交通与交通信号控制发展

物联网与城市交通：智能路上的智能车

复杂交通的控制与管理：ACP方法

未来城市交通：基于物联云的平行交通

基于物联网的城市智能交通

城市交通传感网（WSN-T）



城市交通现状

城市化进程，人们怨声“在道”



拥堵严重



公交服务水平较低



事故频发



环境污染



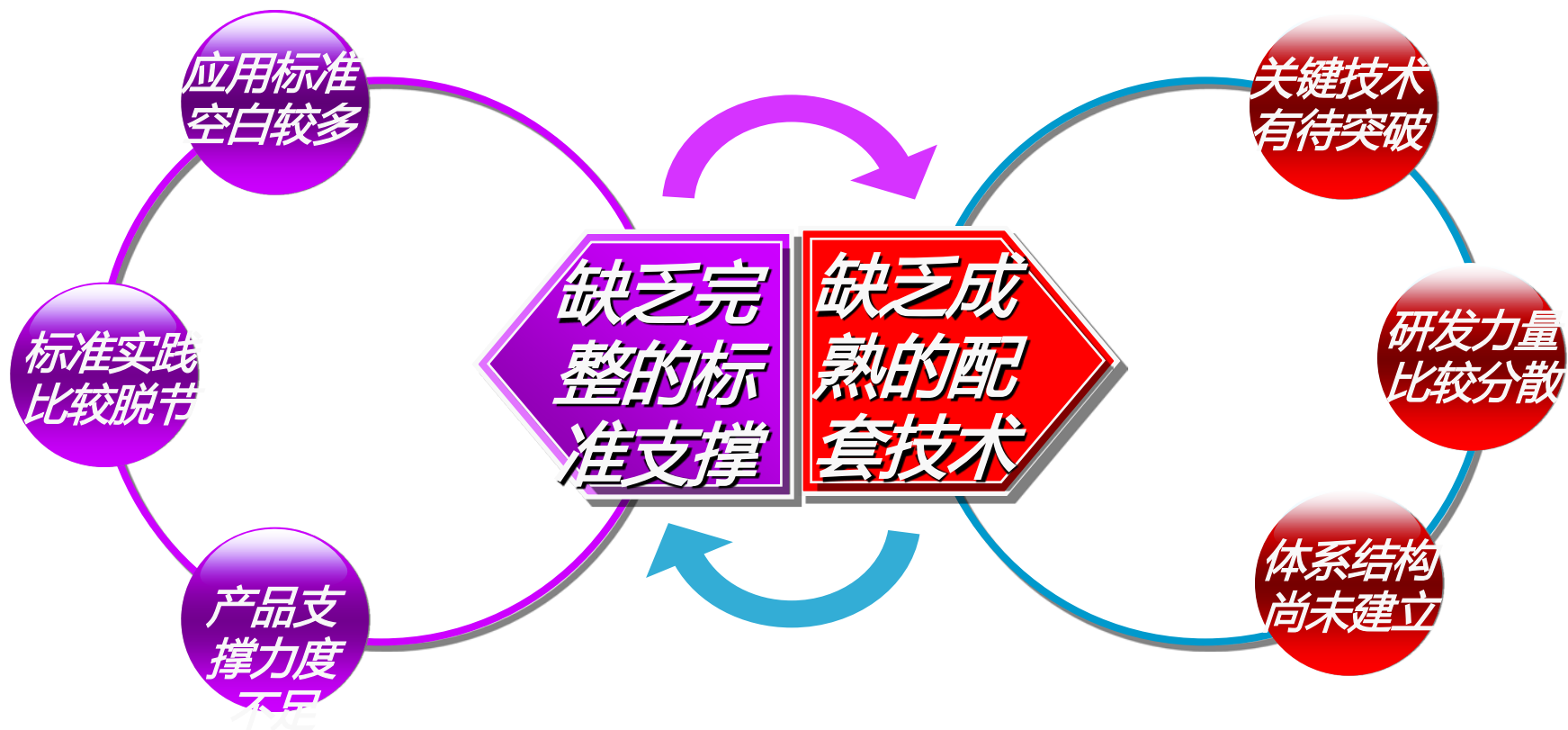
路网复杂



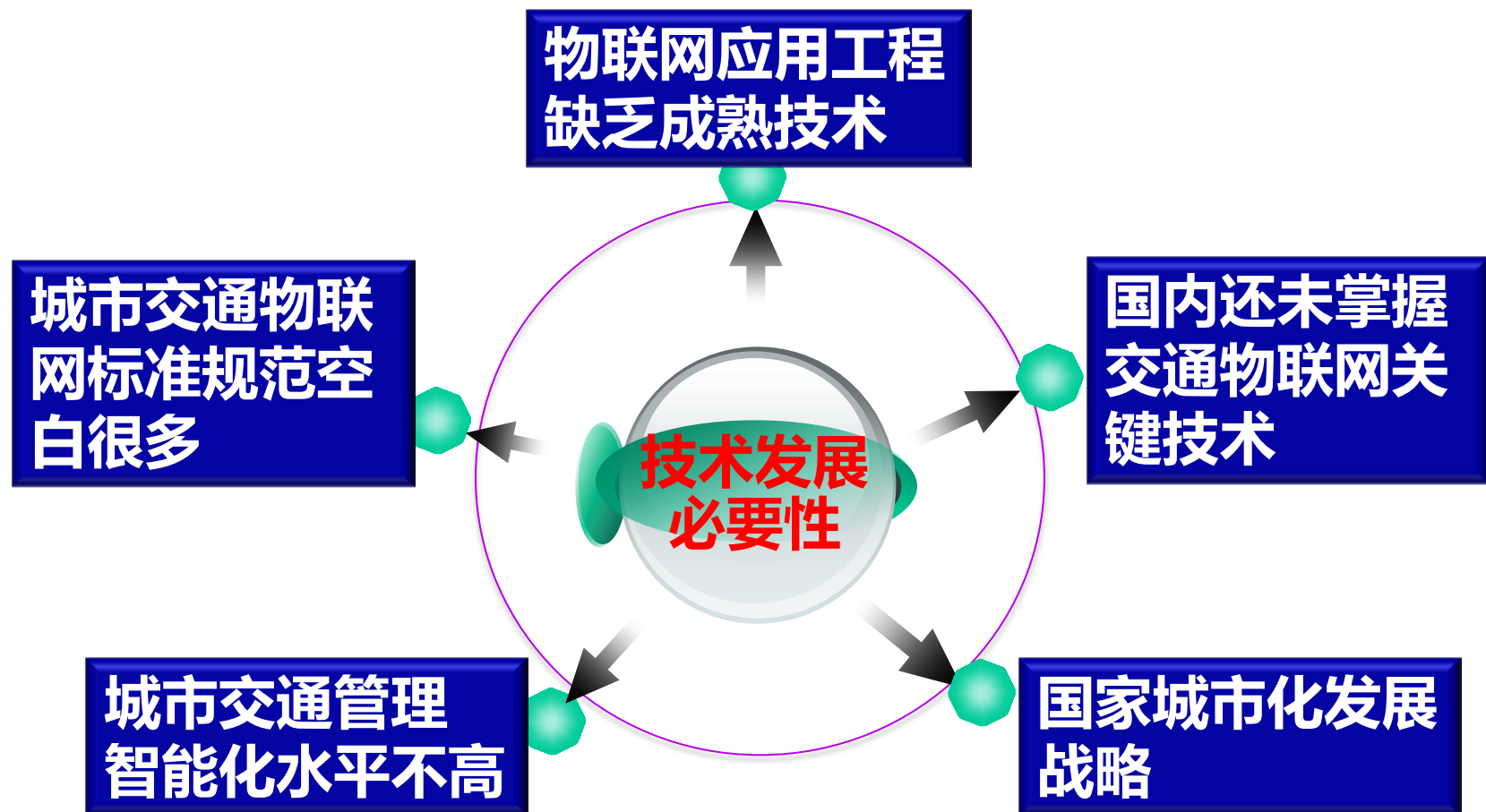
停车困难



城市智能交通的问题



基于物联网的城市智能交通的必要性



基于物联网的城市智能交通



■ “十二五”期间，以应用示范为牵引，先期启动智能交通、公共安全、环境保护、农林业、智能家居五个领域的物联网应用示范工作，发改办高技〔2011〕2058号文批复首批启动12个国家物联网示范工程，在广州实施“基于物联网的城市智能交通应用示范项目”



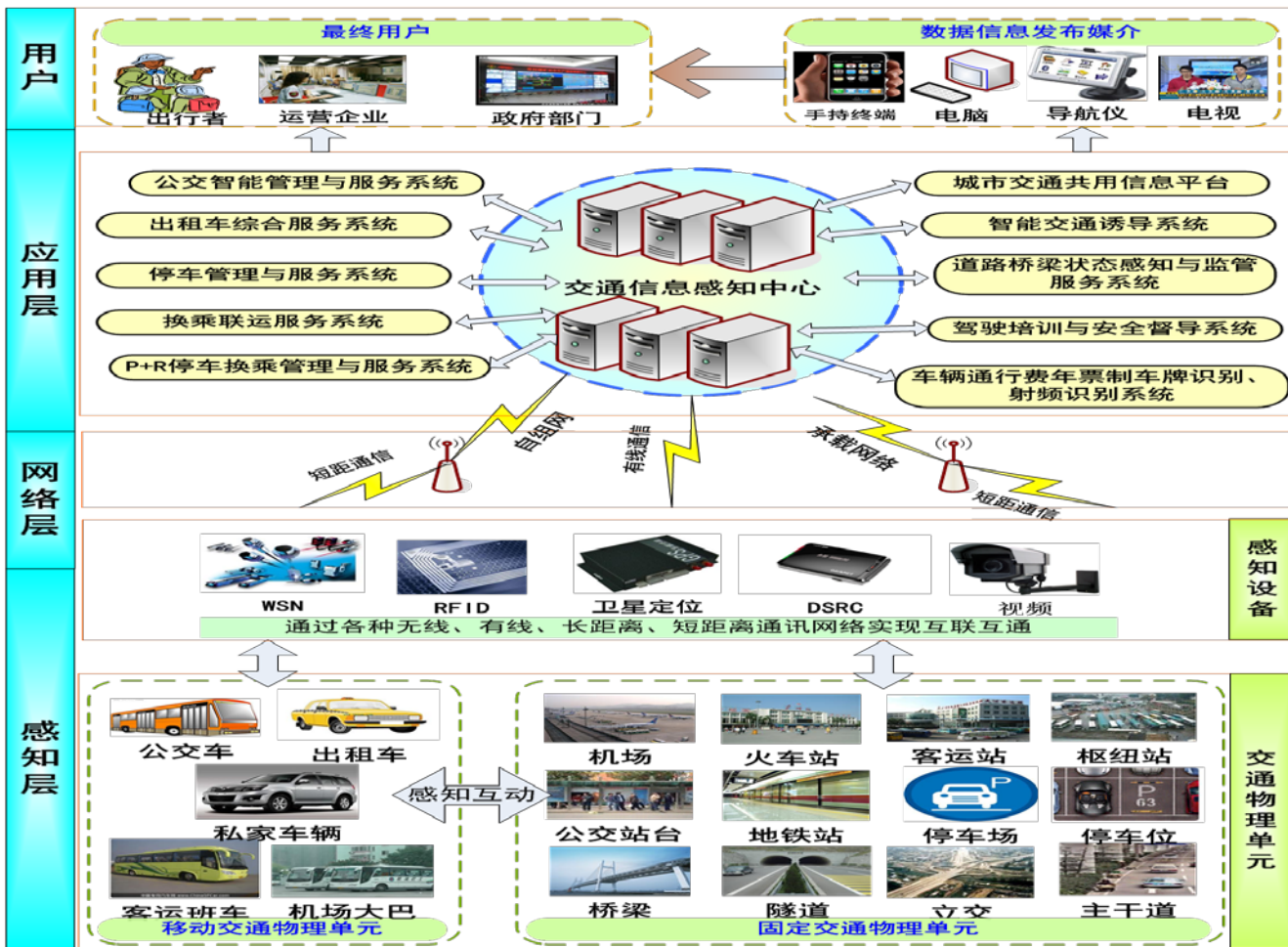
■ 作为“基于物联网的城市智能交通应用示范项目”的资金配套，交通部设立了“基于物联网的城市智能交通关键技术研究与应用”重大科研专项，并明确了实施主体，通过指派和比选方式产生了9个主要承担单位负责科技攻关工作

主要承担单位：

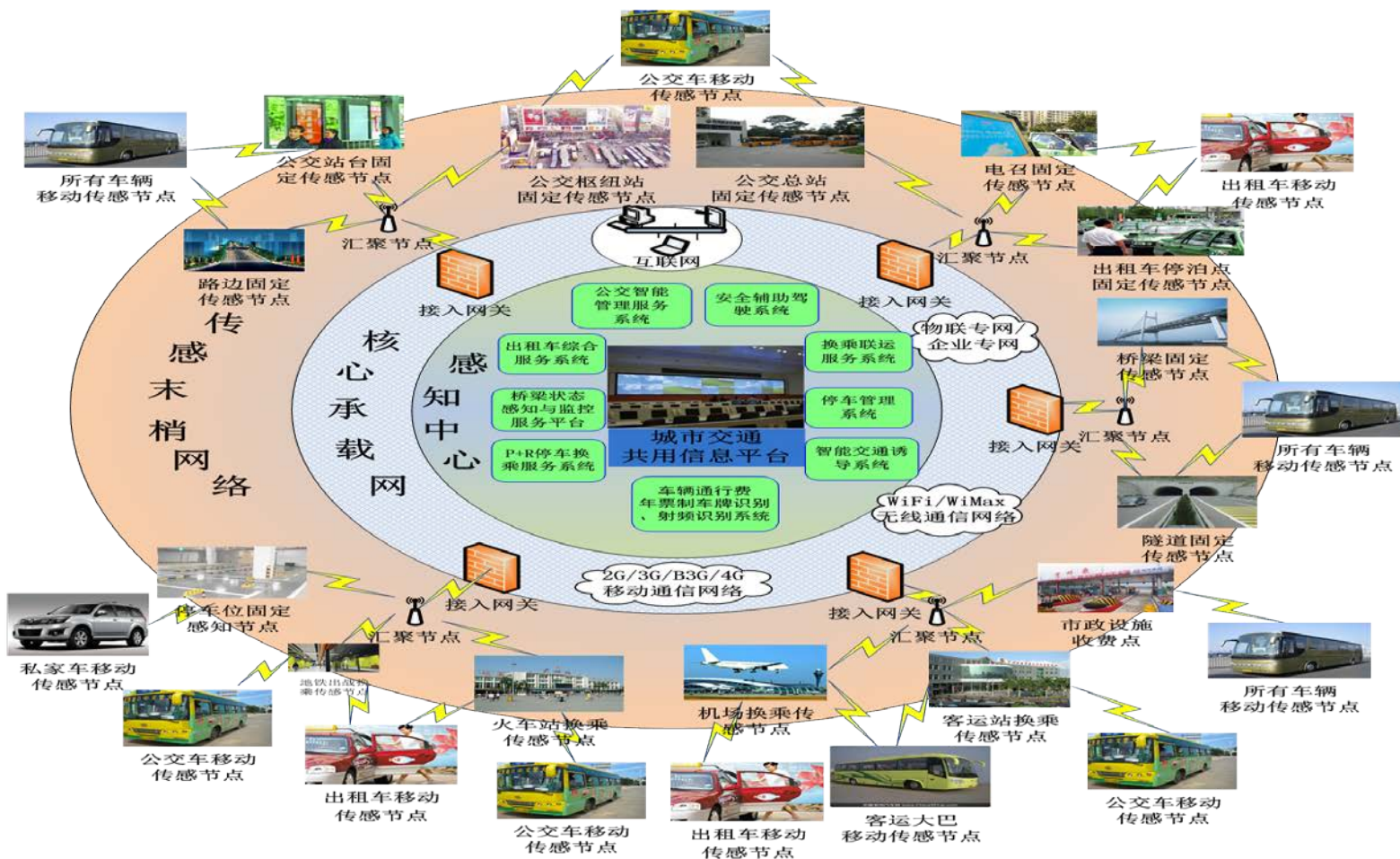
1. 广州交通信息化建设投资运营有限公司
2. 交通运输部科学研究院
3. 中国科学院自动化研究所
4. 交通运输部公路科学研究院



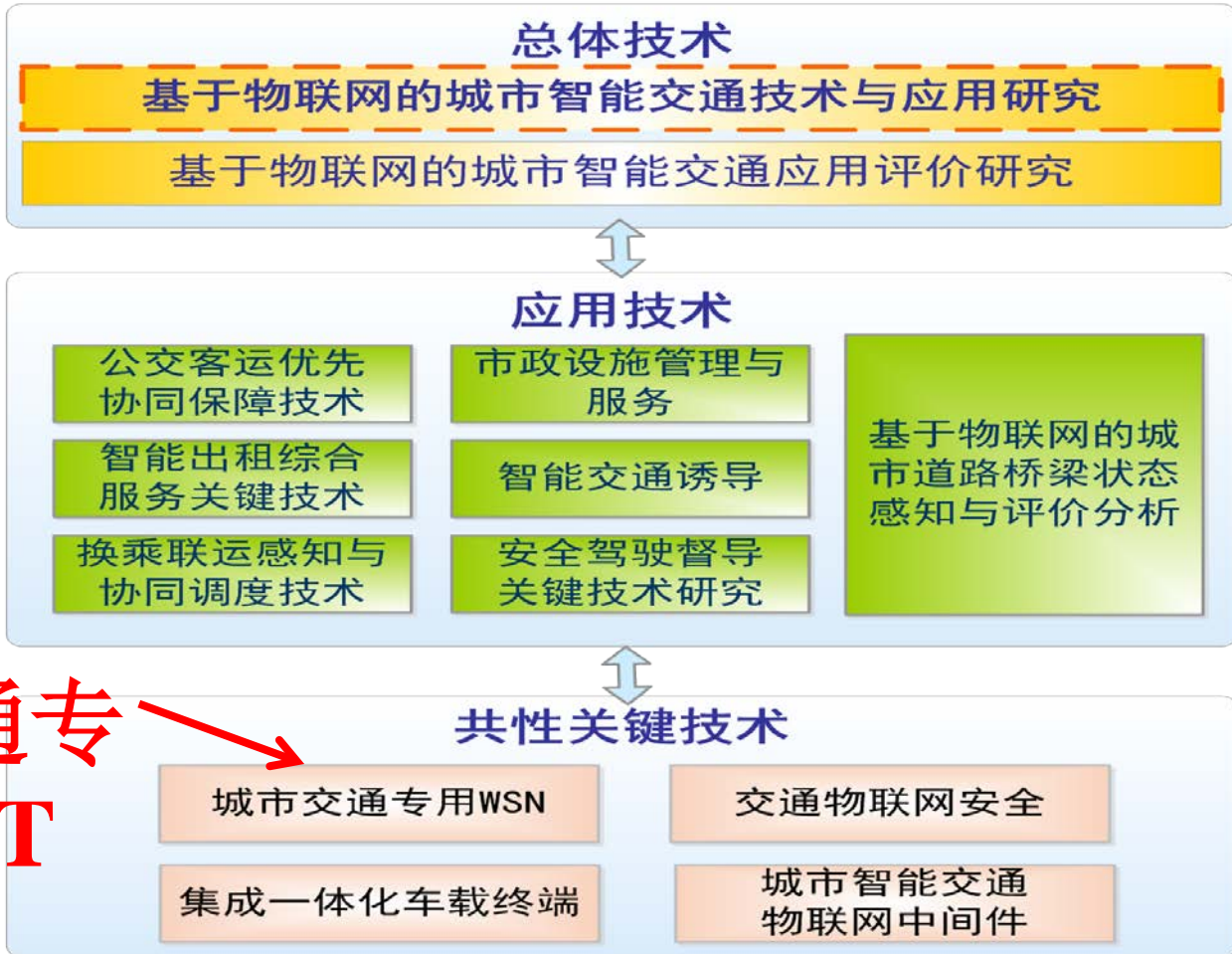
发改委物联网专项：基于物联网的城市智能交通系统示范-总体框架



发改委物联网专项：基于物联网的城市智能交通系统示范-部署图



交通部专项：基于物联网的城市智能交通关键技术研究与应用



城市智能交通物联网应用技术标准研究与制订

城市交通专用WSN-T



报告提纲

智能交通与交通信号控制发展

物联网与城市交通：智能路上的智能车

复杂交通的控制与管理：ACP方法

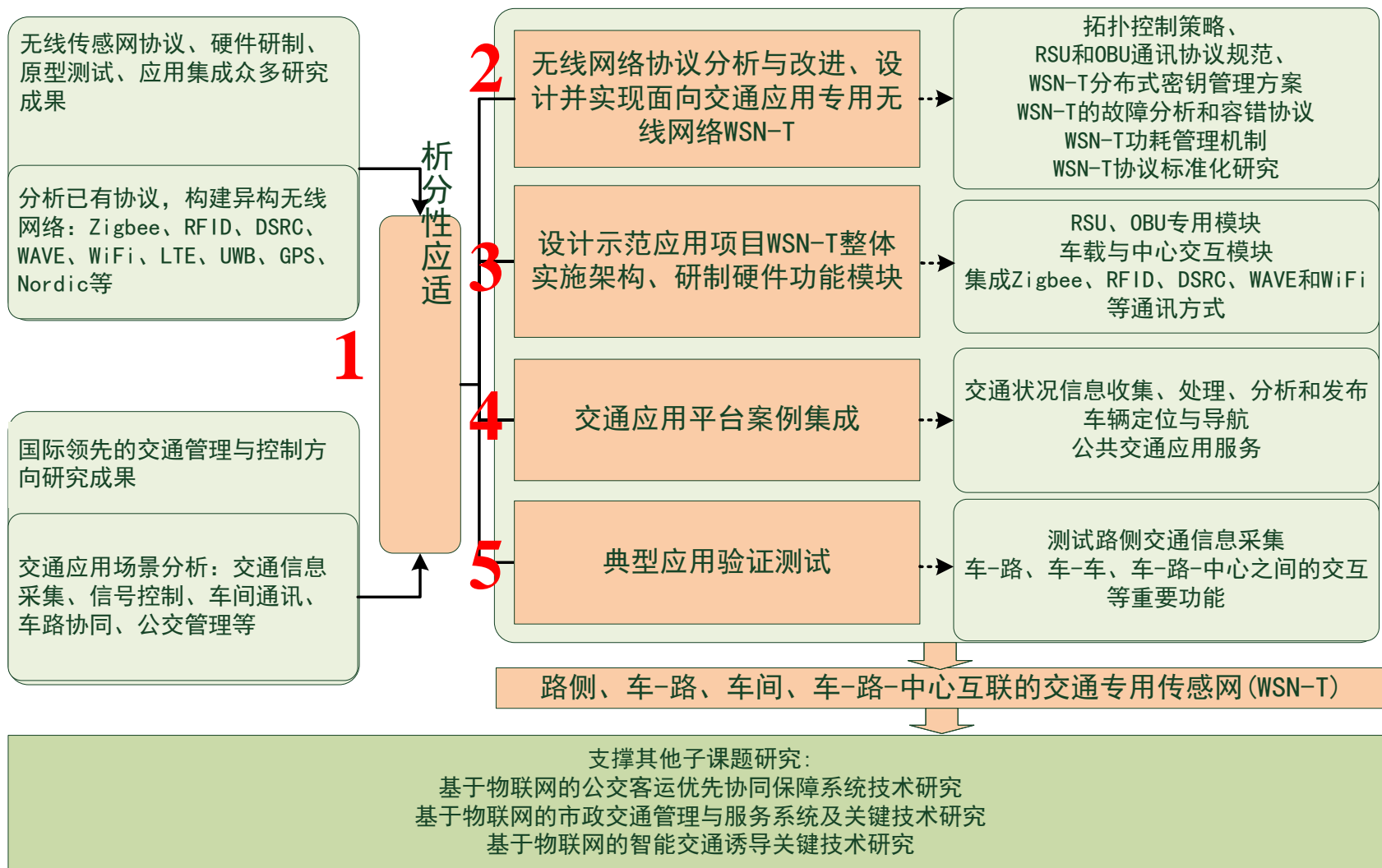
未来城市交通：基于物联云的平行交通

基于物联网的城市智能交通

城市交通传感网 (WSN-T)



项目内容 (2012-2014)



项目的技术路线

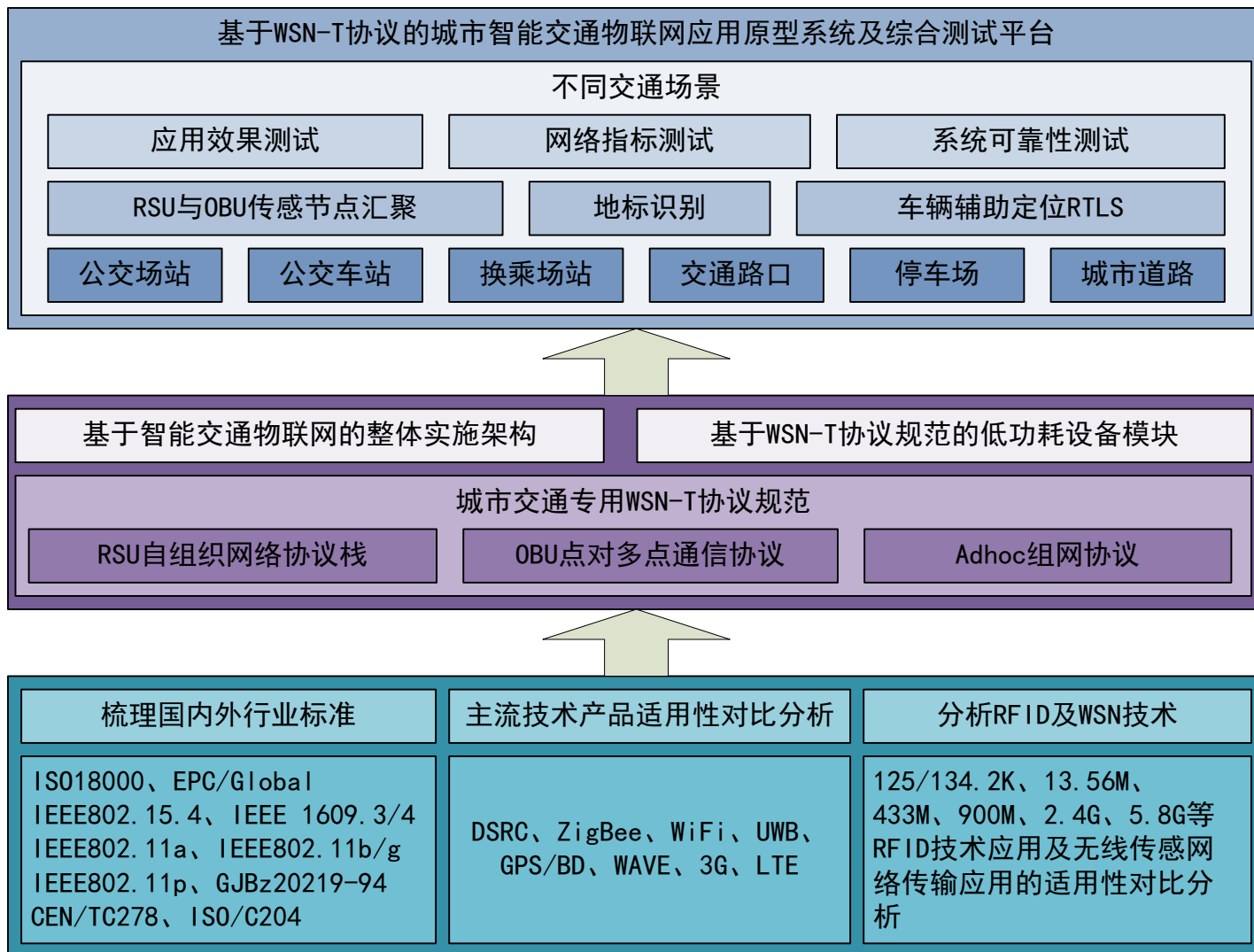
测试及
标准制定



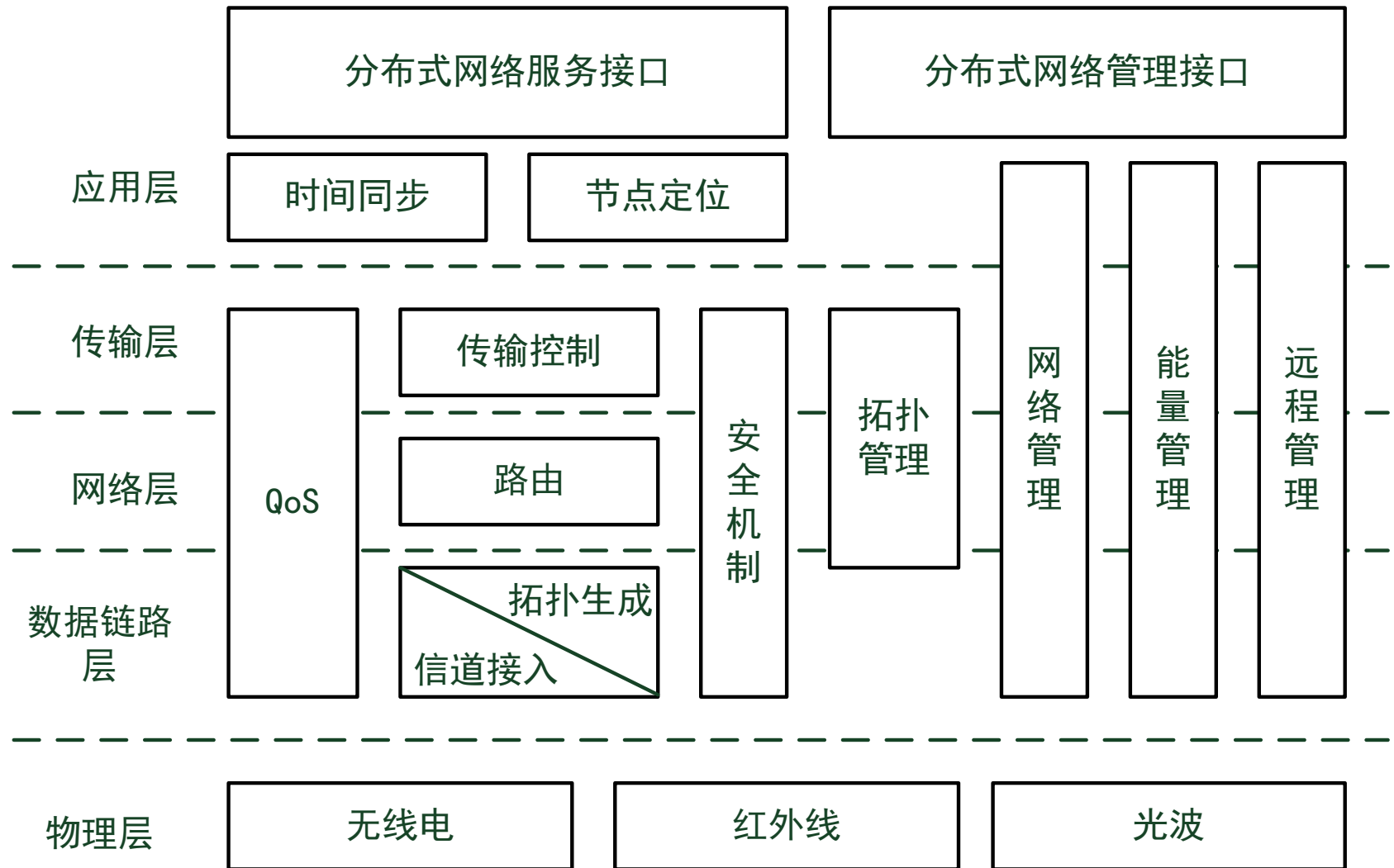
设计
实现



对比
分析



WSN-T通信体系结构



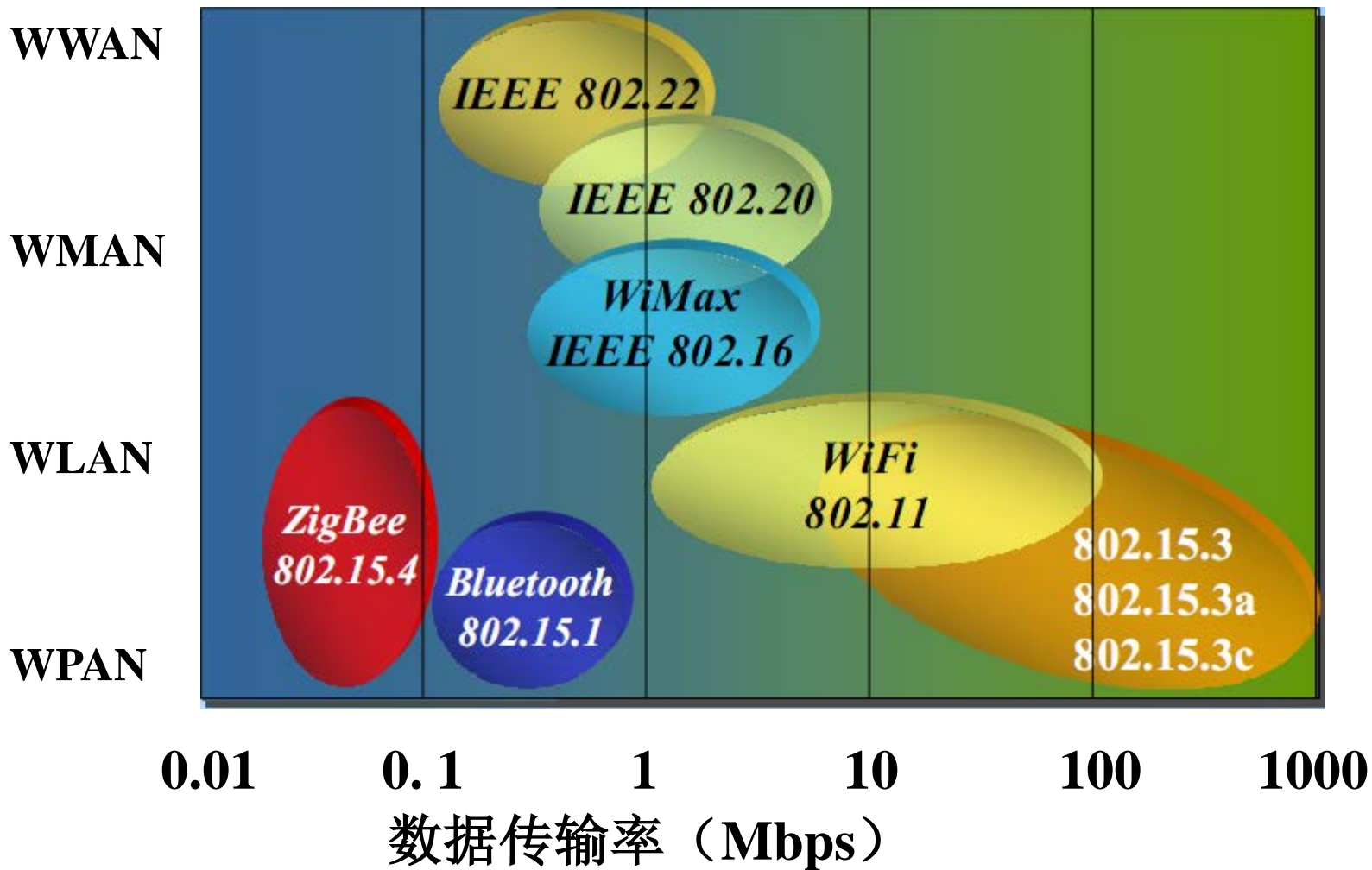
现有WSN技术对比

	802.15.4 /Zigbee	DSRC/ WAVE	WiFi	3G/4G/ LTE	UWB	Bluetooth
频段	2.4G	5.8G	2.4G	2.4G	3-10G	2.4G
通信 距离	80-100m	1000m	100- 300m	100km	10m	10m
速率	900kb	27Mb	54Mb	50Mb	100M b	2Mb
功耗	低	低	高	高	低	低



WSN传输范围与数据传输率对比图

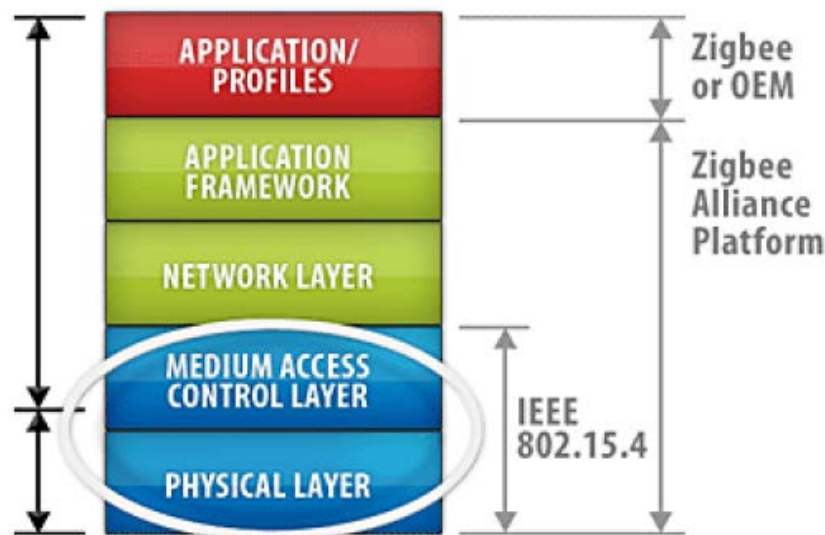
传输范围



IEEE802.15.4/Zigbee

□ 面向低成本、低速率的设备间泛在通信的无线个域网，并且支持无限扩展。

- 频段：900M和2.4G
- 数率：20kb/s~250kb/s
- 拓扑：星形、树形、网格
- 节点数：>65000
- 能耗：-25-0dBm
- 唤醒时间：15ms
- 距离：73米-几百米-几公里



□ **优点：** 通信距离适中，速率适中，能耗低，唤醒时间短，网络结构灵活，可扩展性强

□ **缺点：** 缺乏对高速移动节点的支持

□ **应用举例：** 路侧交通设施控制、车路通信EMMA



车载专用短距离通讯DSRC/WAVE

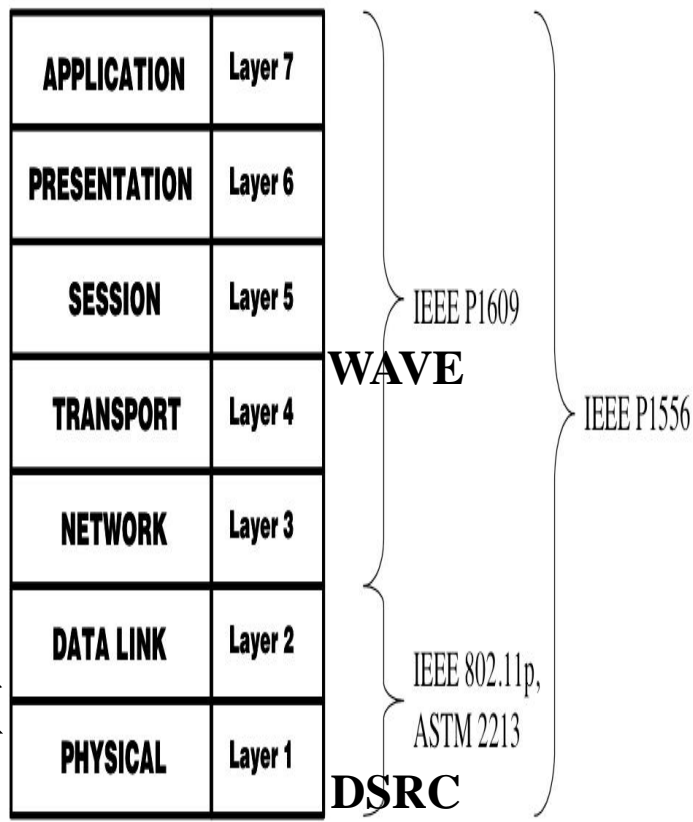
针对汽车应用的单向或双向的短程到中程无线通信通道协议标准规范

- 频段：5.9G；速率：3Mb/s，27Mb/s
- 范围：1000米； WSMP

特点：速度快、通信距离广、建立连接时间短、灵活性大

缺点：功耗高、频率高穿透性差

应用举例： PATH（自适应巡航控制、路口碰撞告警、交通事故信息发布、工作区安全告警中的车-路通信）



WiFi (Wireless Fidelity)

□ 一种高可靠的短程无线传输技术，能够支持互联网接入的无线电信号。

- 频段：2.4G、5G
- 速率：11M、54M、150Mbps
- 范围：100-300米



□ **优点：** 速率高、通信距离适中、通信设施完备

□ **缺点：** 能耗高、接入时间长、缺乏最小时延保证、缺乏对高速移动节点的支持

□ **应用举例：** EMMA中低速车辆间通信、车载WiFi提供给乘客的接入



3G/4G/LTE

- 提供了更高的传输速度，实现了数据和语音传输的分离，将催生出更多的车载应用
 - 速率：最大上行299.6Mbps，下行75.4Mbps
 - 入网延迟：<50ms
 - 稳定性：350Km/h的高速移动情况下，提供大于100kbps的接入服务
 - 系统覆盖：支持100Km半径的小区覆盖
- **特点：**速率高、覆盖范围广、
- **缺点：**功耗大、成本高、蜂窝内节点数有限、数据率随蜂窝内节点数增加下降
- **应用举例：**Telematics, G-Book, OnStar, 杭州公交提供给乘客TD-LTE到WiFi的接入



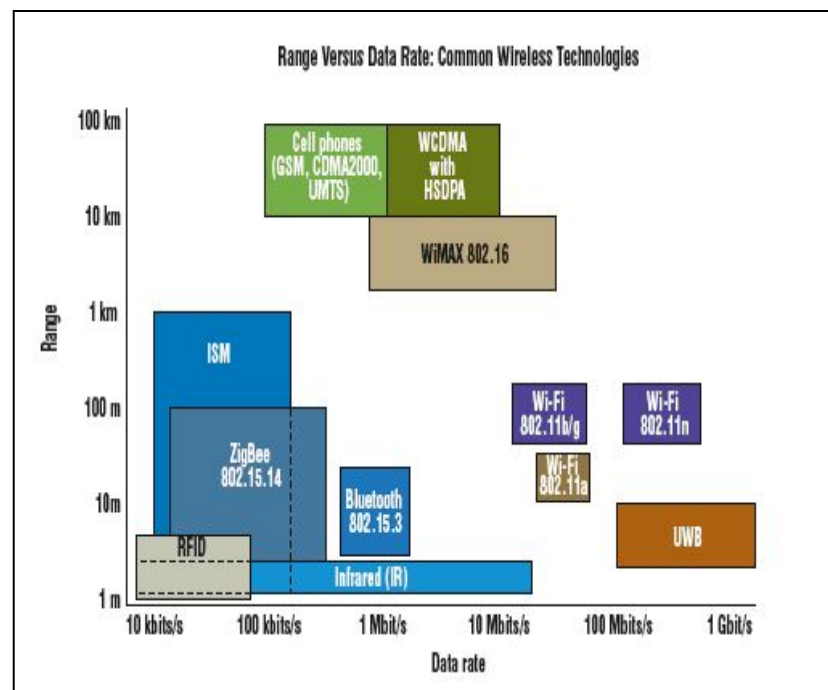
UWB(Ultra-Wideband)超宽带

□ 参数

- 频段：3.1-10.6G
- 功率：<-41dBm
- 速率：几百Mb/s
- 范围：10米

□ **特点：**定位精度高、传输速率快、系统容量大、抗多径能力强、功耗和成本低

□ **应用举例：**车内通信、无线USB、车辆间通信和定位



Bluetooth蓝牙

- 一种支持设备短距离通信（一般10m内）的无线电技术：频段：2.4G；速率：1M、3Mbps
 - 范围：10-100m；协议：IEEE 802.15.1
 - 拓扑：star-bus；耗电：100mA
- **特点：**全球范围适用、有大量现有设备、可靠性高、接口开放、成本低
- **缺点：**距离近、唤醒时间长、功耗较ZigBee大、缺乏对高速移动节点的支持
- **应用举例：**
 - 各种车内无线设备；近距离低移动车间/车路通信
 - 丰田汽车、NTT DOCOMO、松下电器产业、日产汽车和东芝等公司共同制定了利用蓝牙技术所发展的车内无线应用标准：CCAP



车联网定位技术

□GPS

- **特点：**产品成熟、成本低、功耗低
- **缺点：**应用受限，受环境、天气等影响
- **应用距离：**各种现有的车载和手持导航

□RFID/RTLS（Real Time Location Systems）

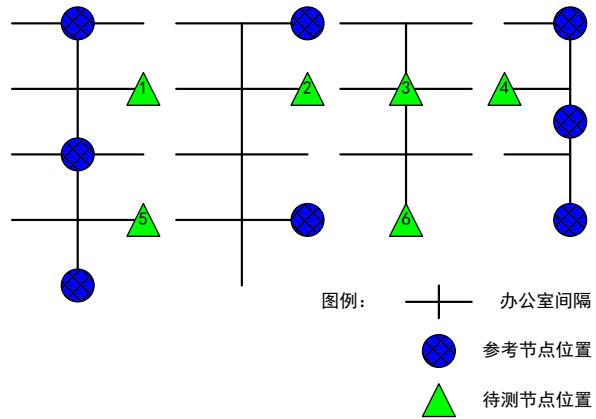
- **特点：**动态、准确度高、可靠性强、较少受环境影响
- **缺点：**目前成本高
- **应用举例：**公交站台管理、跟踪车辆和人员



正在开展的工作：现场测试

德州仪器(TI) ZigBee芯片

CC2530模块性能测试：距离测试；速度测试；并发广播测试；并发入网测试；耗电测试等；定位测试；

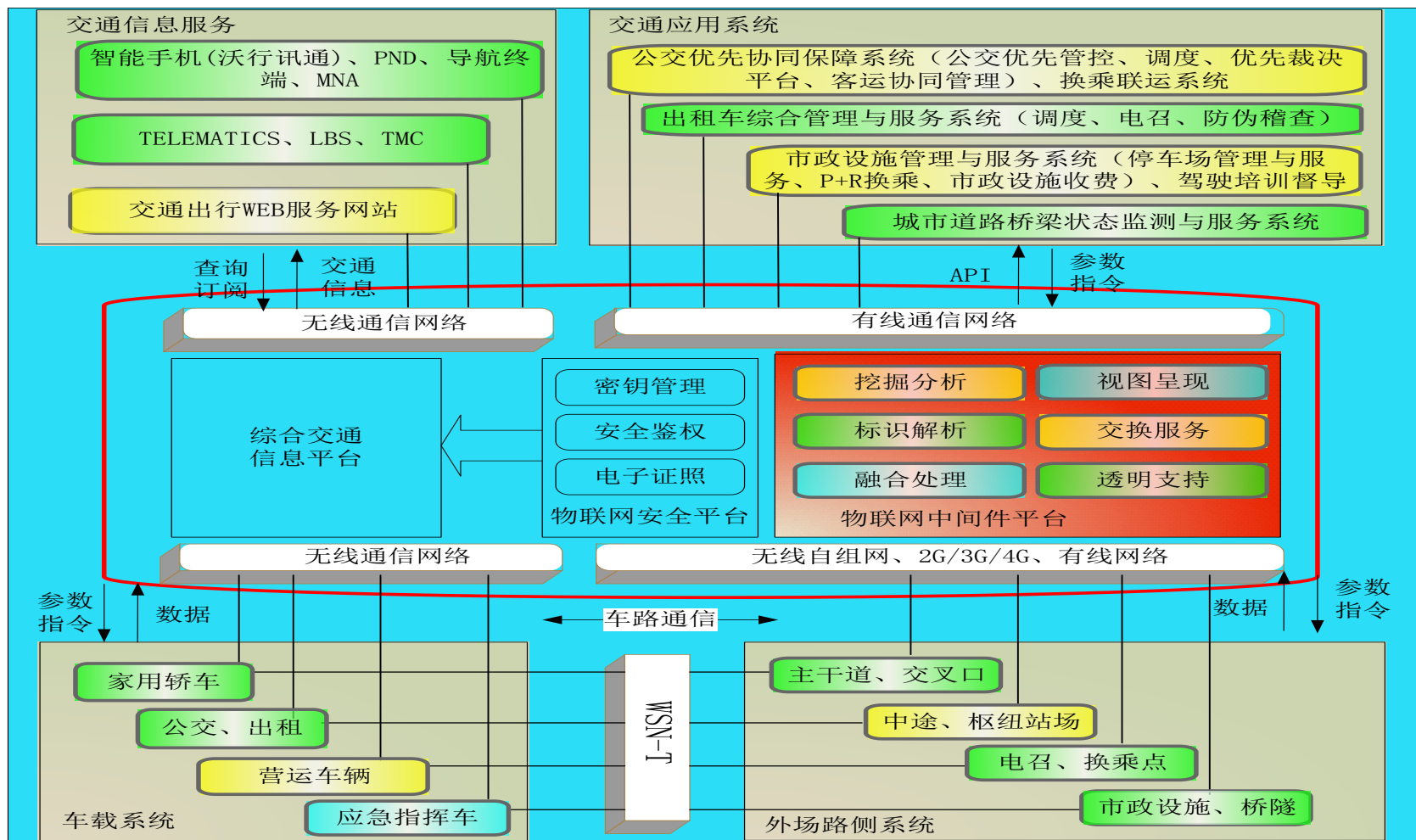


正在开展的工作：现场测试

□ 电子标签RFID设备性能测试



基于物联网的城市智能交通： WSN-T应用场景



谢谢！

