

---

项目名称： 物联网基础理论和设计方法研究  
首席科学家： 赵伟 同济大学  
起止年限： 2011.1 至 2013.8  
依托部门： 上海市科委 教育部

---

## 二、预期目标

### 3.1 总体目标

本项目的目标是立足国民经济和社会发展对物联网技术的重大需求，针对影响物联网发展的基础理论研究瓶颈制约，面向物联网系统信息保真性和执行忠实性两大科学问题，构建物联网的基础理论体系，发展物联网新型体系结构，突破物联网设计和实施的关键技术，提供物联网支撑技术平台。

具体目标包括：

- 1) 揭示物联网系统的内在规律和本质特征，构建物联网络解析理论和软件物化方法。
- 2) 创立感-执物联网软件体系结构和自-协网络体系结构及设计方法。
- 3) 研制适应于不同规模的、可信安全的物联网技术支撑平台，为物联网应用的开发、设计和运行提供关键技术支撑；根据系统规模和对感知、控制的不同要求，选择有代表性的应用案例，验证理论、方法、框架和支撑平台的有效性。
- 4) 通过本项目研究，稳定一支物联网理论和技术研究队伍，培养一批具有国际影响的中青年学术骨干和具有创新能力的高水平研究生，促进我国计算、通信、控制相结合领域及相关学科的发展。建立物联网领域的基础研究基地，为物联网的研究和发展提供保障。

### 3.2 三年预期目标

#### **理论研究及技术创新成果**

解决物联网设计和运行中的科学问题，为实现大型物联网系统的建设及其应用提供理论基础。

- 1) 揭示物联网络与数字网络的本质区别和基本规律，建立基于网络解析的物联网络模型和理论框架，构建物联网络解析理论。
- 2) 分析物理过程与数字过程之间的不同特征，构建用于保证物联网应用信

---

息保真和忠实执行的软件物化理论和方法。

- 3) 探索基于软件物化方法的物联网软件体系结构设计方法，构建物联网软件参考体系结构模型、体系结构及设计方法。
- 4) 探索基于网络解析理论的物联网网络体系结构设计方法，构建满足网络自治和异构融合模型、物联网网络参考体系结构及设计方法。
- 5) 探索物联网共性支撑技术和方法，建立物联网运行支撑平台原型、电力物联网应用验证系统。

## **论文、专利及软件著作权**

在物联网研究方面有若干论文发表于国际重要学术刊物和会议，研究成果达到国际领先水平。拟在国内外核心刊物与国际会议上发表论文 160 篇以上，其中国际重要刊物与会议发表 50 篇以上；发表学术著作 2 部。申请发明专利 5 项以上，获得软件著作权 6 项以上。

## **人才培养**

培养博士、博士后等 35 人以上，硕士 30 人以上。

---

## 三、研究方案

### 4.1 学术思路和技术途径

立足物联网的重大需求，面向信息保真性和执行忠实性两大科学问题，围绕软件和网络两条主线，从基础理论、设计方法、支撑技术三个层面开展研究，通过多领域交叉研究，实现主要研究目标。在技术方面，继承和利用已有的模型、理论和方法基础上，强调自主创新性研究，重点研究原创基础理论方法。同时通过验证反馈，对理论、方法及平台进行改进。

### 4.2 创新点及可行性

首先，项目提出和构建网络解析理论能够整合异构网络系统，构造统一网络模型，为分析和解决物联网信息保真和执行忠实问题提供创新的手段。其次，项目提出并创建软件物化理论，利用建模语言、编译技术和执行模型对物理系统的约束和数字系统的操作进行描述、比对和控制，使软件能够有效的感知控制物理系统。第三，项目将传统的数字系统设计方法扩展为符合物联网实际的感-执软件系统和自-协网络系统的设计方法，满足物联网保真性和忠实性要求。

项目团队在网络解析理论、软件物化理论、软件和网络体系结构、电力物联网方面，有多年实际项目经验和丰富积累，保障项目顺利推进，项目可行。

### 4.3 课题设置

针对物联网系统信息保真和执行忠实两大科学问题，围绕软件系统和网络系统两条主线，从基础理论、设计方法、支撑技术三个层面开展研究工作，设立五个课题，合力为构建可信、有效、协同和安全的新型物联网提供全方位支撑。

#### 课题 1、网络解析理论研究

**课题目标：**构建适合于分析集物理系统和数字系统为一体的物联网系统的网络解

---

析理论，为分析优化物联网中的信息的感知与协同、异构网络自治与融合的能力和机制提供有效理论工具。

**课题内容：**机物通信模型、延迟统一计算方法、物联网安全模型、解析理论电力物联网应用

**经费比例：**22%

**课题负责人：**赵伟

**承担单位：**同济大学

**学术骨干：**陈俊龙、吴恩华、陈彪、武建佳、吴杰、宣东

## **课题 2、软件物化理论研究**

**课题目标：**建立适于表达和刻画物联网系统状态及其转换机制的物化自动机和物化执行模型，提供数物系统可靠映射和运行的保障。

**课题内容：**物化表达模型、物化执行模型、软件物化理论应用研究

**经费比例：**12%

**课题负责人：**陈仪香

**承担单位：**华东师范大学

**学术骨干：**郁文生、李明、杨争峰、张敏

## **课题 3、感-执软件体系结构设计方法研究**

**课题目标：**建立规范化的感-执软件系统体系结构的描述语言、设计方法、参考实现和评估模型，为从软件层面解决物联网系统中信息保真性和执行忠实性问题提供有力保障。

**课题内容：**感-执软件体系结构设计方法及参考实现、感-执软件体系结构有效性评估模型、感-执软件体系结构应用

**经费比例：**23%

**课题负责人：**崔莉

**承担单位：**中国科学院计算技术研究所

**学术骨干：**徐志伟、陈益强、李伟、徐勇军、王睿、马卓、杨超

## **课题 4、自-协网络体系结构设计方法研究**

---

**课题目标：**提出新型集自治和协同为一体的自-协物联网网络体系，为在网络层面保障物联网信息保真和系统执行忠实提供有力支撑。

**课题内容：**信息感知与交互模型和协议、物联网系统自治与异构互联模型和协议、自-协网络体系结构设计及应用

**经费比例：**22%

**课题负责人：**周孟初

**承担单位：**同济大学

**学术骨干：**陈闳中、王力生、曹立明、方钰、徐中伟

### **课题 5、物联网运行支撑平台和实证研究**

**课题目标：**构建设计一体化的物联网软件支撑平台，并基于此平台构建实例验证系统，为完善物联网设计理论和体系结构设计方法提供反馈。

**课题内容：**物联网运行支撑平台、电力物联网应用设计与验证

**经费比例：**21%

**课题负责人：**韩英铎

**承担单位：**清华大学

**学术骨干：**曹军威、陆超、赵黎、程朋、谢小荣

#### 四、年度计划

	研究内容	预期目标
第 一 年	<p>开展物联网网络解析理论研究，包括机物通信模型，延迟统一计算方法，物联网安全模型等研究内容；</p> <p>开展物联网软件系统的体系结构设计方法研究，包括物化表达模型的研究和物化执行模型的研究等内容；</p> <p>开展软件系统和网络系统的体系结构设计方法前期研究；</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 建立物联网网络解析模型和框架。</li> <li>2) 构建用于保证物联网应用信息保真和执行忠实的软件物化方法。</li> <li>3) 发表论文 20 篇以上，其中国际重要刊物与会议发表 6 篇以上。</li> </ol>
第 二 年	<p>进行软件系统体系结构设计方法研究，包括感-执软件系统体系结构描述语言研究，感-执软件系统设计方法研究，感-执软件体系结构参考模型研究，感-执软件体系结构有效性评估模型研究等；</p> <p>进行网络系统体系结构设计方法研究，探索信息感知，节点交互，物联网系统自治，异构物联网融合的相关模型和协议设计；</p> <p>开展物联网共性软件支撑工具和平台和实例验证研究；</p> <p>根据软件系统体结构设计和网络系统体系结构设计成果，优化和完善物联网网络解析理论和物联网软件物化理论；</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 形成感-执软件体系结构框架和设计方法；</li> <li>2) 形成自-协网络体系结构框架和设计方法；</li> <li>3) 提出信息感知和交互协议；</li> <li>4) 提出异构网络自治和融合协议；</li> <li>5) 发表论文 30 篇以上，其中国际重要刊物与会议发表 9 篇以上。</li> </ol>

	研究内容	预期目标
第 三 年	<p>全面开展物联网共性软件支撑工具和平台和实例验证研究，构建支持平台和工具，进行实例验证试点工作；</p> <p>根据实例验证反馈，完善软件系统体结构设计和网络系统体系结构设计，优化和完善网络解析理论和软件物化理论；</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 建立物联网运行支撑平台原型；</li> <li>2) 建立电力物联网实例验证系统；</li> <li>3) 申请发明专利 8 项以上，申请软件著作权 5 项以上；</li> <li>4) 发表论文 110 篇以上，其中国际重要刊物与会议发表 38 篇以上；</li> <li>5) 发表学术著作 2 部；</li> <li>6) 累计培养博士、博士后等 35 人以上，硕士 30 人以上</li> </ol>

---

## 一、研究内容

### 2.1 拟解决的关键科学问题

#### 科学问题一：物联网信息的保真性问题

**物联网信息的保真性问题是指如何应对物理世界的感知需求，实现和保证物联网系统全面、准确、真实地刻画和反映物理世界，满足决策控制输入要求的问题。**

物联网系统的有效实施和应用必须解决物联网信息保真性问题。所谓保真性，是指如何针对不可完备认知特性，通过理论推导和技术实现使得所获取的物理信息在质量上能够满足应用决策和控制的要求。为了达到物联网信息的保真性，需要从信息表达、信息获取和信息传输三个环节进行研究，即需要构建合理的物联网信息表示模型、精确感知方法和可靠传输机制。

#### 科学问题二：物联网执行的忠实性问题

**物联网执行的忠实性问题是指如何应对物理实体的控制需求，实现和满足系统的执行过程与结果符合设计预期，达到可信控制的问题。**

丰田刹车门事件之所以发生，很重要的一个原因就是存在执行忠实性问题，尽管用户作了踩刹车的动作，但汽车控制系统并未按照用户的预期执行，汽车没有采取制动。因此，如何保证物联网执行的忠实性，是物联网及其演进系统需要解决的科学问题。换言之，信息的保真性是物联网实施和应用的基础和前提，而执行的忠实性是物联网实施和应用的核心和关键。解决执行的忠实性问题，需要从预期表达、指令执行和传输等环节进行研究，即需要构建完整刻画系统执行的计算模型、确保软、硬协同和一致的执行技术以及实时、可靠的网络传输。

---

## 2.2 主要研究内容

### 2.2.1 基础理论研究

#### 网络解析理论研究

本项目将融合网络微积分、Dioid 代数、实时网络资源调度理论与排队论，提出面向物联网异构网络的**网络解析理论**，提供统一的网络数学模型及其计算和分析方法，有效地分析在数字系统和物理系统混合情况下网络的性能，进而针对物联网的物理攻击特性和能量约束特性，构建相应的模型和分析方法，为实现可靠、安全、高效的物联网络提供理论基础。

#### 软件物化理论研究

物联网发展将越来越多的涉及到大量与物理世界直接相关的信息，以及依赖于这些信息的应用和控制。现有的软件模型、理论及工具无法刻画和应对物理世界信息及其变化的不确定性，不可预测性和模糊性，是导致物联网信息的失真和执行的不忠实性问题的主要原因。如何建立在软件开发中对时间和空间变化及约束有效的抽象的描述方法，以及在系统运行中将抽象的描述忠实地映射到物理世界的运行机制，已经成为物联网软件开发不可缺少的理论基础。为此，本项目从软件物化的角度，分别构建物化软件的表达模型和执行模型，从而建立适于物联网系统的软件计算模型。

### 2.2.2. 体系结构及设计方法研究

**感-执软件体系结构研究：**针对物联网软件“感知+处理+存储+传输+决策+执行”为一体的新的定位，基于软件物化理论，研究新型的“感-执”软件系统体系结构，建立规范化的感-执软件系统体系结构的描述语言、设计方法、参考实现和评估模型，为解决物联网系统中信息保真性和执行忠实性问题提供上层技术支撑。

**自-协网络体系结构研究：**物联网的出现对网络系统体系结构的研究提出了

---

新的需求和挑战，这些调整要求网络体系结构能够保证信息和指令传输是及时的、准确的、可靠的，这就需要新型的网络体系结构必须是状态可知、可运行和可推导的，即可解析的网络体系结构。

### 2.2.3. 软件支撑平台和应用实例验证

**软件支撑平台研究:**本项目将基于软件物化、网络协议解析、软件体系结构设计、网络体系结构设计的研究成果，开发设计支持物联网系统设计、高效仿真、性能评测的软件工具，将各类通用的软件模型、设计工具、仿真算法、认证软模块进行封装和集成，同时与网络试验床系统集成构建成为一体化的物联网软件验证支撑平台，用于验证相关研究成果。

**物联网应用实例验证:**为测试和验证本项目提出的理论体系、设计方法和技术平台的实用性，并从应用角度为完善和优化理论体系、设计方法和技术平台提供反馈意见，本项目将以电力物联网为典型实例，开展应用实例验证。