



# 欧盟 物联网研 究战略路线图

翻译稿 初稿

CERP-IoT (IERC)  
15 SEPTEMBER, 2009

译者：施煜、何青、孙运传、陈丹阳  
版本：3.0.0  
2011年1月26日



**译者:**

施煜	北京仁聚智汇科技发展有限公司	总经理
何青	北京师范大学	副教授
孙运传	北京师范大学	副教授
陈丹阳	北京师范大学 数学科学学院	



# CERP-IoT (IERC)

## 欧洲物联网研究项目组

欧洲物联网研究项目组（CERP-IoT）成立于 2007 年 1 月。该研究项目组的名称原为“欧洲 RFID 研究项目组(Cluster of European RFID Projects)”。2008 年 10 月正式更名为现在的名称。这个研究项目组是为了满足在一系列由欧盟提供资金支持的有关射频识别（RFID）和物联网的研究项目之间进行沟通、协调和合作等工作的需要而设立的。这个研究项目的目标是为了推广、共享和宣传上面提到的有关射频识别（RFID）和物联网的研究项目的相关研究成果，促进射频识别（RFID）和物联网相关产业和应用在欧洲范围内的发展。



# Internet of Things Strategic Research Roadmap

## 物联网研究战略路线图

15 SEPTEMBER, 2009

2009年9月15日

The meaning of things lies not in the things themselves, but in our  
attitude towards them.

——Antoine de Saint-Exupery

“物”的意义不在于其自身，而在于我们如何看待它。

——Antoine de Saint-Exupery<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>安东尼·德·圣-埃克苏佩里 法国作家、飞行员，《小王子》作者。相关资料可以参见：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%AE%89%E4%B8%9C%E5%B0%BC%C2%B7%E5%BE%B7%C2%B7%E5%9C%A3-%E5%9F%83%E5%85%8B%E8%8B%8F%E4%BD%A9%E9%87%8C> (中文)

或

[http://en.wikipedia.org/wiki/Antoine\\_de\\_Saint-Exup%C3%A9ry](http://en.wikipedia.org/wiki/Antoine_de_Saint-Exup%C3%A9ry) (英文)



# Table of content

## 目录

Executive Summary 概要 .....	1
Chapter 1 Internet of Things Vision 第一章 物联网的构想 .....	8
1.1 Internet of Things Common Definition 物联网的通用定义 .....	8
1.2 Internet of Things Vision 物联网的构想 .....	10
Chapter 2 Internet of Things Application Domains 第二章 物联网的应用领域 .....	25
2.1 Aerospace and aviation (systems status monitoring, green operations) 航天和航空业 (状态监控、低碳运转) .....	29
2.2 Automotive (systems status monitoring, V2V and V2I communication) 汽车工业 (系统状态监控、车对车(V2V)以及车对系统(V2I)通信) .....	32
2.3 Telecommunications 电信业 .....	35
2.4 Intelligent Buildings (automatic energy metering/home automation/wireless monitoring) 智能建筑领域 (自动能源监测、家居自动化、家居无线监控) .....	37
2.5 Medical Technology, Healthcare, (personal area networks, monitoring of parameters, positioning, real time location systems) 医疗技术、医疗卫生和医疗保健领域 (人体网络、人体参数监测、人体定位、人体实时定位系统) .....	40
2.6 Independent Living (wellness, mobility, monitoring of an aging population) 人口管理和个人生活领域 (人口健康、人口流动性、老龄化社会中的人口监控) .....	43
2.7 Pharmaceutical 制药业 .....	44
2.8 Retail, Logistics, Supply Chain Management 零售、物流与供应链管理领域 .....	45
2.9 Manufacturing, Product Lifecycle Management (from cradle to grave) 制造业和产品生命周期管理领域 .....	47
2.10 Processing industries - Oil and Gas 石油和天然气领域 .....	48
2.11 Safety, Security and Privacy 安全、机密和隐私领域 .....	49
2.12 Environment Monitoring 环境监测领域 .....	51
2.13 People and Goods Transportation 人口与货物流通领域 .....	52
2.14 Food traceability 食品安全追溯领域 .....	53
2.15 Agriculture and Breeding 农业与畜牧业 .....	54
2.16 Media, entertainment and Ticketing 媒体、娱乐和票务领域 .....	56
2.17 Insurance 保险领域 .....	56
2.18 Recycling 环保和回收领域 .....	57

Chapter 3 Technologies supporting the Internet of Things vision 第三章 支撑物联网发展的关键技术.....	58
3.1 Identification Technology 标识技术 .....	59
3.2 Internet of Things Architecture Technology 物联网架构技术.....	67
3.3 Communication Technology 通信技术 .....	74
3.4 Network Technology 网络技术.....	78
3.5 Network Discovery 网络定位和发现技术 .....	79
3.6 Software and algorithms 软件和算法技术 .....	81
3.7 Hardware 硬件技术.....	83
3.8 Data and Signal Processing Technology 数据和信号处理技术 .....	88
3.9 Discovery and Search Engine Technologies 发现和搜索引擎技 术.....	96
3.10 Relationship Network Management Technologies 关系网络 管理技术.....	99
3.11 Power and Energy Storage Technologies 电源和能量存储技 术.....	101
3.12 Security and Privacy Technologies 安全和隐私技术.....	103
3.13 Standardisation 标准化和相关技术 .....	107
Chapter 4 Internet of Things Research Agenda, Timelines and Priorities 第四章 物联网研究计划、研究日程和各项研究内容的优先级 .....	112
4.1 Identification Technology 标识技术 .....	112
4.2 Internet of Things Architecture Technology 物联网架构技术 .....	115
4.3 Communication Technology 通信技术 .....	118
4.4 Network Technology 网络技术.....	120
4.5 Software, Services and Algorithms 软件、服务和算法技术 .....	123
4.6 Hardware 硬件技术.....	126
4.7 Data and Signal Processing Technology 数据和信号处理技术 .....	128
4.8 Discovery and Search Engine Technologies 发现和搜索引擎技 术.....	129
4.9 Relationship Network Management Technologies 关系网络管 理技术.....	131
4.10 Power and Energy Storage Technologies 电源和能量存储技 术.....	133
4.11 Security and Privacy Technologies 安全和隐私技术.....	135
4.12 Standardisation 标准化和相关技术 .....	138
4.13 Future Technological Developments 可以预期的未来技术发 展方向.....	141
4.14 Internet of Things Research Needs 未来物联网需要开展的 研究工作.....	150

Chapter 5 References 第五章 参考文献.....167





## Executive Summary

### 概要

As a part of future trends and developments the coming Internet of Things will shape the world and the society – yet sound research work and applicable recommendations are necessary to guide Europe on its way and to make it beneficial for all citizens.

作为未来的发展趋势之一——物联网将在各个方面决定未来世界和人类社会的发展方向。所以，现在有必要对物联网开展全面的研究工作，对物联网的发展提出合理可行的建议。以利于物联网在欧洲的发展，造福欧洲各国人民。

In order to reply to this challenge the Cluster of European Research Projects on the Internet of Things (CERP-IoT) developed in 2009 its Strategic Research Agenda (SRA), taking into account its experiences and the results from the ongoing exchange among European and international experts.

为了迎接物联网这一挑战，欧洲物联网研究项目组（CERP-IoT）于2009年制定了物联网相关的战略研究路线图（SRA）。这一路线图不但综合了欧洲各界专家的意见，同时也汇集了欧洲专家与世界各地专家的交流成果。

The present document proposes a list of research fields and a roadmap on future R&D until 2010, before 2015 and beyond 2020.

现在这个版本的路线图是对物联网研究和发展中的几个阶段——截至2010年、2010年到2015年之前、2015年到2020年之前以及2020年之后——的研究领域和研究路线提出的建议。

This initial CERP-IoT SRA version is part of a continuous IoT community dialogue initiated by the European Commission (EC) DG INFSO-D4 Unit for the European and international IoT stakeholders. The result is a lively one and will be updated with expert feedback from ongoing and next calls for proposals within the FP7 Framework Program on Research and Development in Europe.

路线图的早期版本来源于一系列关于物联网的社区交流。这些社区交流是由欧盟委员会 DG INFSO-D4 发起的，并且由欧洲和世界各地



的物联网相关各方参与。这里需要说明，本战略研究路线图（SRA）将不会是一成不变的，它将跟随着各国专家不断提出的各项建议和欧洲框架研究计划 FP7（FP7 Framework Program）的新发展而不断地补充与进化。

The SRA for the Internet of Things is the result of a four-step collaboration between the members of the cluster research projects:

关于物联网，本战略研究路线图（SRA）将涵盖以下四个部分的研究内容：

- 1. Elaboration of an IoT common definition about the meaning of "Things" and IoT visions, introducing the IoT concept and presenting the underlying vision**  
对于物联网的基础定义体系的研究，如“物”的定义和物联网的发展构想等。引入物联网的基本概念，提出物联网的基本设想。
- 2. Identification of IoT Application Domains exploring the application domains for the future IoT**  
确定物联网在社会中的应用领域，并积极探索未来可能的新应用领域。
- 3. Identification of Technologies that will drive the IoT development and supporting the IoT vision**  
确定物联网现阶段发展和未来发展所必需的技术领域。
- 4. Formulation of an IoT Research Agenda, presenting the research challenges and priorities, the standardization issues and the security and privacy concerns that have to be addressed and solved over the next decade**  
为未来十年的物联网发展制定合理的研究日程。在这份研究日程中详细描述了研究中可能遇到的问题，提出研究所应遵循的先后顺序，以及一些不能忽视的标准化工作和隐私与安全问题。

As a result the main outcomes could be summarized as follows:

通过我们的研究，上面四个研究内容现有的研究成果主要包括：

- The Internet of Things is an integrated part of Future Internet and could be defined as a dynamic global network infrastructure with self configuring capabilities based on standard and interoperable communication protocols where physical and virtual “things” have identities, physical attributes, virtual personalities and use intelligent interfaces, and are seamlessly integrated into the



information network.

物联网将是未来互联网的一个重要组成部分。它将是一个动态的全球性基础网络。通过采用标准化和通用的通信协议，物联网可以自由、自主地配置网络环境。在物联网中，不论是实体的“物品”还是虚拟的“物品”都将拥有相应的自主标识，都将包含实体属性和虚拟属性。物联网将使用智能化接口，并可以和现有的以及未来的各种信息网络无缝整合。

- The vision of Future Internet based on standard communication protocols considers the merging of computer networks, Internet of Media (IoM), Internet of Services (IoS), and Internet of Things (IoT) into a common global IT platform of seamless networks and networked “things”. This future network of networks will be laid out as public/private infrastructures and dynamically extended and improved by terminals created by the “things” connecting to one another.

未来的互联网将采用这样的标准通信协议。通过这些协议，计算机网络、媒体网络（IoM）、服务网络（IoS）和物联网（IoT）将被整合成一个全球性的通用信息平台。在这个平台中既包括了无缝连接的各种网络也包含了各种无缝连接在一起的“物品”。这种未来的网络将以公有和私有的网络设施为基础，通过“物品”之间的互联行为动态扩展、自主发展。

- We envisage that the Internet of Things will allow people and things to be connected Anytime, Anyplace, with Anything and Anyone, ideally using Any path/network and Any service.

我们可以设想未来的物联网将允许人和物品在任何时间、任何地点、和任何人与物、采用任何途径和网络进行连接，并且可以使用任何的相关服务。

- The concept of Internet of Things can be regarded as an extension of the existing interaction between humans and applications through the new dimension of “Things” communication and integration.

物联网可以被看作是现有的人与应用之间交互的扩展。只不过这种新的交互是通过“物”这个层面上的交流和融合来实现的。

- The main identified IoT application domains are:

物联网的主要应用领域有：

- Aerospace and aviation,  
航天和航空业



- Automotive,  
汽车工业
- Telecommunications,  
电信业
- Intelligent Buildings,  
智能建筑领域
- Medical Technology, Healthcare,  
医疗技术、医疗卫生和医疗保健领域
- Independent Living,  
人口管理和个人生活领域 (Independent Living)
- Pharmaceutical,  
制药业
- Retail, Logistics, Supply Chain Management,  
零售、物流与供应链管理领域
- Manufacturing, Product Lifecycle Management,  
制造业和产品生命周期管理领域
- Oil and Gas  
石油和天然气领域
- Safety, Security and Privacy,  
安全、机密和隐私领域
- Environment Monitoring,  
环境监测领域
- People and Goods Transportation,  
人口与货物流通领域
- Food traceability,  
食品安全追溯领域
- Agriculture and Breeding,  
农业与畜牧业
- Media, entertainment and Ticketing,  
媒体、娱乐和票务领域



- Insurance,  
保险领域
- Recycling  
环保和回收领域

The main IoT technologies presented allow identifying the research and development challenges and outlining a roadmap for future research activities to provide practical and reliable solutions.

在研究中我们发现，物联网所涉及的技术领域极其广泛。特别是其中有一些技术领域的研究是十分重要的。因为对于这些技术领域的研究将可以解决物联网研究和发展过程中所必须面对的一些重要挑战和关键问题，并可以帮助我们为后续研究工作和可行物联网方案的提出理清合理的规划路线。

This roadmap forms the basis for the research priorities presented and these IoT enabling technologies are:

下列这些就是本路线图研究中所确定的需要优先考虑的、可以支撑物联网发展的技术领域：

- Identification Technology,  
标识技术
- Internet of Things Architecture Technology,  
物联网架构技术
- Communication Technology,  
通信技术
- Network Technology,  
网络技术
- Network Discovery,  
网络定位和发现技术
- Software and algorithms,  
软件和算法技术
- Hardware,  
硬件技术
- Data and Signal Processing Technology,  
数据和信号处理技术



- Discovery and Search Engine Technologies,  
发现和搜索引擎技术
- Relationship Network Management Technologies,  
关系网络管理技术
- Power and Energy Storage Technologies,  
电源和能量存储技术
- Security and Privacy Technologies,  
安全和隐私技术
- Standardisation  
标准化和相关技术

**SRA Coordinators:**

本战略研究路线图（SRA）的主要协调人员有：

Patrick Guillemin, CERP-IoT Coordinator, ETSI

Peter Friess, CERP-IoT EC Coordinator, European Commission

**SRA Core Authors and Editor Team:**

本战略研究路线图（SRA）的核心作者和编辑团队包括：

Ovidiu Vermesan, NO, SINTEF, EPoSS

Mark Harrison, UK, University of Cambridge,

Auto-ID Lab, BRIDGE, EPCglobal Data Discovery JRG

Harald Vogt, DE, SAP, SToP

Kostas Kalaboukas, GR, SingularLogic, EURIDICE

Maurizio Tomasella, UK, University of Cambridge, Auto-ID Lab , SMART,  
BRIDGE, Auto-ID Lab

Karel Wouters, BE, K.U.Leuven, PrimeLife

Sergio Gusmeroli, IT, TXT e-Solutions SpA, iSURF, COIN

Stephan Haller, CH, SAP, CoBIS



The authors would appreciate any sharing of thoughts from the interested reader and constructive feedback on the IoT Strategic Research Agenda.

这里需要声明，作者希望可以同任何对物联网（IoT）战略研究路线图有兴趣的读者和提出自己建设性意见的人员分享物联网研究中所获得的知识，讨论物联网的发展问题。

**Contact:**  
**联系人:**

Patrick.guillemin@etsi.org

Peter.FRIESS@ec.europa.eu



# Chapter 1 Internet of Things Vision

## 第一章 物联网的构想

### 1.1 Internet of Things Common Definition

#### 物联网的通用定义

##### The meaning of “things”

##### “物”的定义

Defining things and recognizing what a particular thing is and represents in the context of Future Internet requires a careful analysis of what philosophers like Aristotle and Philoponus had to say and how their philosophical thoughts can transcend into the future.

为了明确定义什么是“物”以及什么是未来的互联网中的“物”，我们将从现有的哲学思想出发。让我们先看一看像Aristotle<sup>2</sup>和Philoponus<sup>3</sup>这样的哲学家可以给我们带来什么样的启发。

Aristotle, in his work “The Categories” gives a strikingly general and exhaustive account of the things that are (ta onta) - beings. According to this opinion, beings can be divided into ten distinct categories. They include substance, quality, quantity, and relation, among others. Of these categories of beings, it is the first, substance (ousia), to which Aristotle gives a privileged position.

Aristotle 在他的著作《范畴论》中对于“物”给出了一个一般的、透彻的定义——“物”即“存在”。按照他的思想，任何“存在”或者

<sup>2</sup> 阿里士多德 古希腊哲学家。相关资料可以参见：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%9A%E9%87%8C%E5%A3%AB%E5%A4%9A%E5%BE%B7> (中文)

或

<http://en.wikipedia.org/wiki/Aristotle> (英文)

<sup>3</sup> 斐罗庞努士 或 菲洛波努斯 古希腊早期基督教和阿里士多德学派评论家，神学和哲学作家。相关资料可以参见：

[http://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Philoponus](http://en.wikipedia.org/wiki/John_Philoponus) (英文)



是“物”都包含 10 个独立的范畴——物质、质量、数量、与其他存在的相互作用关系以及它们之间的隶属关系等等。在这些范畴中，物质是第一性的。Aristotle 把它作为“存在”或者“物”的第一要素。

Aristotle is distinguishing things that are by nature from those that are from other causes. Philoponus, commenting on this distinction, first divides things that are by nature into those that have soul and those that do not.

很明显，Aristotle 是靠“物”与“物”之间的属性区别来区分它们的。Philoponus 参照这样的思想，但将“物”的属性分作有灵魂的和没有灵魂的两类。

The proper nature of “besouled” things (i.e., plants and animals) is their form, which, Philoponus says is properly identified with soul, their intrinsic mover.

对于那些“有灵魂”的“物”（如植物和动物），Philoponus 认为可以用灵魂来标示它们。并将灵魂作为这些物的本质。

From the “philosophical definition” of “things” one can conclude that the word is not restricted to material things but can apply to virtual things and the events that are connected to “things”.

从“物”的“哲学定义”出发，放眼现今世界，我们可以看出“物”的定义不光适用于实体事物，还适用于虚拟事物以及与“物”相关的事件和行为等。

In the context of “Internet of Things” a “thing” could be defined as a real/physical or digital/virtual entity that exists and move in space and time and is capable of being identified. Things are commonly identified either by assigned identification numbers, names and/or location addresses.

所以，在“物联网”的背景下，我们不但可以将“物”定义为那些存在于真实的物质世界中的实体事物，也可以将其定义为那些数字的虚拟事物和实体。只要这些实体存在于时间和空间之中，并可以通过某种途径进行标识。而这种标识既可以是标识代码、名称，也可以是方位、地址等。

## Internet of Things 物联网

Internet of Things (IoT) is an integrated part of Future Internet and could be defined as a dynamic global network infrastructure with self configuring capabilities based on standard and interoperable



communication protocols where physical and virtual “things” have identities, physical attributes, and virtual personalities and use intelligent interfaces, and are seamlessly integrated into the information network.

前言中已经提到，物联网将是未来互联网的一个重要组成部分。它是一个动态的全球性基础网络。通过采用标准化和通用的通信协议，物联网可以自由、自主地配置网络环境。在物联网中，不论是实体的“物品”还是虚拟的“物品”都将拥有自主标识，都将包含实体属性和虚拟属性。而且物联网将使用智能化接口，并可以和现有的以及未来的信息网络无缝整合。

In the IoT, “things” are expected to become active participants in business, information and social processes where they are enabled to interact and communicate among themselves and with the environment by exchanging data and information “sensed” about the environment, while reacting autonomously to the “real/physical world” events and influencing it by running processes that trigger actions and create services with or without direct human intervention.

在物联网中，“物品”将成为社会、信息、商业活动中的自主参与者。它们将可以相互间自主交流与沟通；将可以自主感知所处的环境，并根据情况与所处环境交换数据和信息；将可以对“现实世界”中的事件做出自主反应；并且将可以不论在有人还是无人的情况下自主记录行为或动态建立相应的服务接口。

Interfaces in the form of services facilitate interactions with these “smart things” over the Internet, query and change their state and any information associated with them, taking into account security and privacy issues.

在未来的物联网中，以服务为形式的各种智能接口将促进网络中各种“智能物品”之间的交互，方便查询和改变这些物品的状态和信息，并且将可以时刻保障它们自身的安全性和解决它们所涉及的隐私安全问题。

## 1.2 Internet of Things Vision

### 物联网的构想

The vision of Future Internet based on standard communication protocols considers the merging of computer networks, Internet of Media (IoM), Internet of Services (IoS), and Internet of Things (IoT) into



a common global IT platform of seamless networks and networked “things”.

未来的物联网将是未来的互联网的一个重要的基础组成部分。从整体上，未来的互联网将基于多种标准通信协议。通过这些协议，计算机网络、媒体网络（IoM）、服务网络（IoS）和物联网（IoT）将被整合成一个全球性的通用信息平台。在这个平台中既包括了无缝的网络也包含了各种无缝连接在一起的“物品”。

IoS is denoting a software based component that will be delivered via different networks and Internet. Research on SOA, Web/Enterprise 3.0/X.0, Enterprise Interoperability, Service Web, Grid Services and Semantic Web will address important bits of the IoS puzzle, while improving cooperation between service providers and consumers.

未来的服务网络（IoS）将呈现为基于组件的软件形式。这些组件可以在各种网络和互联网之间相互传递。对于面向服务的架构（SOA）、Web/Enterprise 3.0/X.0、企业互操作（Enterprise Interoperability）、服务网络门户（Service Web）、网格服务（Grid Services）和语义网络门户（Semantic Web）等领域的研究将成为未来的服务网络（IoS）的研究重点。通过这些研究工作和服务网络（IoS）的发展，未来的服务提供商和客户之间的互动将得到进一步的深化与促进。

IoM will address the challenges in scalable video coding and 3D video processing, dynamically adapted to the network conditions that will give rise to innovative applications such as massive multiplayer mobile games, digital cinema and in virtual worlds placing new types of traffic demands on mobile network architectures.

未来的媒体网络（IoM）将可以解决可伸缩的视频编码技术和 3D 视频处理技术等问题。它将可以更加动态地适应所处的网络环境，并且将引入大量新的创新型应用（如大型的多人移动游戏、数字电影等）。在虚拟的世界中，未来的媒体网络（IoM）不但将进一步改变人们对于媒体的观念，而且将为移动网络的发展引入多种新的通信类型。

This future network of networks will be laid out as public/private infrastructures and dynamically extended and improved by edge points created by the “things” connecting to one another. In fact, in the IoT communications will take place not only between people but also between people and their environment.

未来互联网的网络环境将布局于公用的以及私有的基础设施之上。通过网络间各边界区域上的物品与其他网络物品之间的互联，未来互联网的网络环境将可以动态、自主的扩展其疆界，并可以不断的自主发展与进化。事实上，未来的物联网（IoT）中的通信将不再局



限于人与人之间、物际之间和人与物之间的交互，甚至扩展到人与物同环境之间的互动上来。

Communication will be seen more among terminals and data centres (e.g. home data centres, Cloud computing, etc) than among nodes as in current networks. Growth of storage capacity at lower and lower costs will result in the local availability of most information required by people or objects. This, coupled with the enhanced processing capabilities and always-on connectivity, will make terminals gain a main role in communications.

区别于现在互联网中基于节点间的通信，未来的网络通信将更多的以终端与数据中心（如家庭数据中心、云计算等）之间的通信为主。越来越便宜的存储技术将使得人与物品获得海量信息成为可能。同时，伴随着芯片处理能力和实时在线技术的发展，终端与物品将成为未来通信中的主要参与者。

Terminals will be able to create a local communication network and may serve as a bridge between communication networks thus extending, particularly in urban environments, the overall infrastructure capacity. This will likely determine a different view of network architectures. The Future Internet will exhibit high levels of heterogeneity (“things” – physical/real, cyber physical, web enabled, digital and virtual, devices and device models, communication protocols, cognitive capabilities, etc.), as totally different things, in terms of functionality, technology and application fields are expected to belong to the same communication environment.

在未来的互联网中，终端和物品将可以自主的建立局域的通信网络，它们将可以成为网络扩展和网际互联过程中的桥梁。特别是在城市内基础设施比较健全的环境中，这种桥梁作用将更加突出。这将使得未来的网络架构呈现出一种前所未有的全新景象。未来的互联网将在整体上呈现出高端的不对称性：各种不同的物品——实体的、物理网络中的、可以联网的、数字的虚拟的、设备化的、模块化的、基于通信协议的、有自我感知能力的，等等——在功能、在技术、在应用层面中都将同属于相同的通信环境之中，并且具有同等的通信地位。

The Internet of Things will create a dynamic network of billions or trillions of wireless identifiable “things” communicating with one another and integrating the developments from concepts like Pervasive Computing, Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Internet of Things hosts the vision of ubiquitous computing and ambient intelligence enhancing them by requiring a full communication and a complete computing capability among things and integrating the



elements of continuous communication, identification and interaction. The Internet of Things fuses the digital world and the physical world by bringing different concepts and technical components together: pervasive networks, miniaturization of devices, mobile communication, and new models for business processes.

未来的物联网（IoT）将是一个广泛采用无限计算<sup>4</sup>（Pervasive Computing）、普适计算<sup>5</sup>（Ubiquitous Computing）和环境智能<sup>6</sup>（Ambient Intelligence）等新技术、新概念而建立起来的动态网络，在其中将允许数十亿甚至数万亿计的可以无线标识的物品进行相互间的自由通信。未来的物联网将更加需要和促进像无限计算（Pervasive Computing）、普适计算（Ubiquitous Computing）和环境智能（Ambient Intelligence）等这样的新技术的发展，以满足其自身对于物品之间全面通信、海量计算以及将物联网中的各种连续不断、无处不在的通信、标识和物品之间的互动整合为一个整体的需要。我们可以想见，通过将各种新概念和新技术（诸如：无限网络、设备精巧化、移动和无线通讯和新的业务流程模型等）整合到一起，未来的物联网必将可以实现将现实世界和数字世界融合为一这一理想目标。

Applications, services, middleware components, networks, and endpoints will be structurally connected in entirely new ways. Recognising that initially there will be commercial and physical challenges to establishing global ubiquitous network connectivity and that initially the many connected things and devices may have limited ability to engage in 2-way network connectivity, it is important that the architectural design for the Internet of Things supports effective two-way caching and data synchronisation techniques, as well as network-connected endpoints for virtual representations of the connected things and devices, which can be used for monitoring their location, condition and state, as well as sending requests and instructions to them.

在未来的物联网（IoT）之中，应用、服务、中间件、网络和各种终端将以一种全新的方式和互联结构进行连接。这就使得在未来的物联网（IoT）的建设过程中我们必须面对在全球范围内建立无处不在

---

<sup>4</sup> 同普适计算

<sup>5</sup> 相关资料可以参见：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%99%AE%E9%80%82%E8%AE%A1%E7%AE%97>  
(中文)

或者

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ubiquitous\\_computing](http://en.wikipedia.org/wiki/Ubiquitous_computing) (英文)

<sup>6</sup> 相关资料可以参见：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ambient\\_intelligence](http://en.wikipedia.org/wiki/Ambient_intelligence) (英文)



的普适网络的商业、政治和物质上的挑战。特别是，在最初阶段我们就将面临许许多多联网的物品和设备即使只参与和采用双路网络连接都要受各种能力限制等问题。所以，物联网的架构技术的研究将是我们重中之重的一个任务。因为在物联网的架构技术的研究中我们将可以对：如何进行双路连接中的数据缓存和数据同步，如何为相互连接的物品和设备提供虚拟的终端表示以方便监视它们的位置、所处环境和状态，并方便它们之间互相发送请求和提供信息等问题，提出合理的解决方案。

The Internet of Things will bring tangible business benefits, such as the high-resolution management of assets and products, improved life-cycle management, and better collaboration between enterprises; many of these benefits are achieved through the use of unique identification for individual things together with search and discovery services, enabling each thing to interact individually, building up an individual life history of its activities and interactions over time.

可以展望，未来的物联网（IoT）必将为商务活动带来切实的便利。通过采用独立物品的唯一标识、网络搜索和发现服务，未来的物联网（IoT）将使得每一个物品都可以独立的与其他物品进行互动和交流，并且可以独立的记录和维护这些活动的历史记录。这也就使得像高维度的资产和产品管理、改进的生命周期管理以及企业间更好的协作和相互互动等，我们今天梦寐以求的事情可以成为现实。

Improved sensor and device capabilities will also allow business logic to be executed on the edges of a network – enabling some existing business processes to be decentralized for the benefit of performance, scalability, and local decision-making. For example, algorithms could be used for intelligent decision-making based on real-time readings from sensors that are used to monitor the health of patients or the condition of vehicles, in order to detect the early signs of problems or deterioration of condition.

随着传感器、探测装置和各种设备能力的提升，商务逻辑将不再受网络的限制，将可以在任何一个网络的内部和边缘上得到执行。这将改变现有一些商务活动以性能、可扩展性和本地市场需求为中心的现状。举例来说，未来的商务逻辑和算法将完全可以通过传感器和探测设备收集到的实时信息和市场情况进行智能的决策与判断。比如，可以根据监视到的患者的健康状况早期发现疾病和病情恶化信号，或者根据汽车的各种状态读数及早发现可能的机械问题等。

The Internet of Things allows people and things to be connected Anytime, Anyplace, with Anything and Anyone, ideally using Any path/network and Any service. This implies addressing elements such as Convergence, Content, Collections (Repositories), Computing,

Communication, and Connectivity in the context where there is seamless interconnection between people and things and/or between things and things so the A and C elements are present and addressed.

未来的物联网（IoT）将允许任何人与物随时随地和任何人与物进行连接，并且这种连接可以通过任何网络和途径，方便地使用各种服务。这也就意味着像聚集性（Convergence）、包含性（Content）、隶属性（Collections (Repositories)）、运算性（Computing）、可通信性（Communication）、连通性（Connectivity）等这样一些概念也要被置于人与物之间、人与人之间、物与物之间所建立起来的无缝联系和相互连接的背景下进行讨论。正如下图所示的那样。

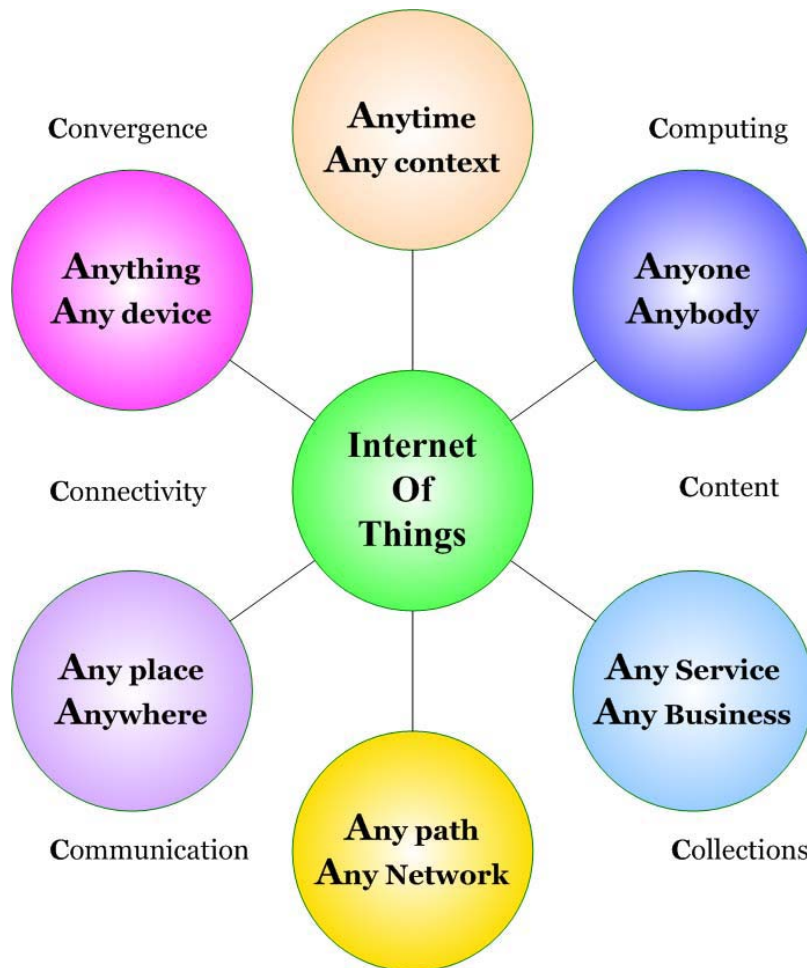


Figure 1 Internet of Things

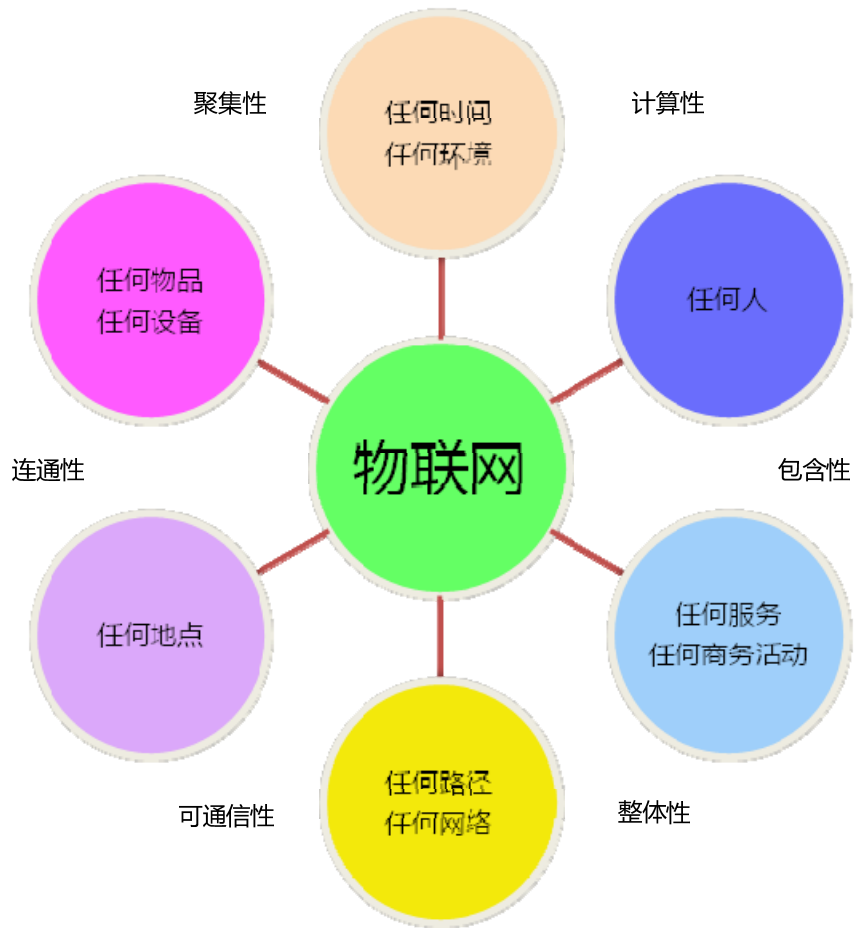


图 1 物联网

The Internet of Things implies a symbiotic interaction among the real/physical, the digital/virtual worlds: physical entities have digital counterparts and virtual representation; things become context aware and they can sense, communicate, interact, exchange data, information and knowledge. Through the use of intelligent decision-making algorithms in software applications, appropriate rapid responses can be given to physical phenomena, based on the very latest information collected about physical entities and consideration of patterns in the historical data, either for the same entity or for similar entities. These create new opportunities to meet business requirements, create new services based on real time physical world data, gain insights into



complex processes and relationships, handle incidents, address environmental degradation (pollution, disaster, global warming, etc), monitor human activities (health, movements, etc.), improve infrastructure integrity (energy, transport, etc.), and address energy efficiency issues (smart energy metering in buildings, efficient consumption by vehicles, etc.).

未来的物联网（IoT）将可以实现现实的物质世界和数字的虚拟世界的共存与互动：在其中，实体事物将拥有数字化的和虚拟化的物品表示形式与之相对应；物品将成为名义上的各种对象，这些对象可以互相感知、互相识别、互相通信、互相影响、彼此间交换数据、信息和各自的智力以及知识。通过在软件和应用中使用智能决策算法，我们将可以根据新采集到的来自于实体事物的信息，参照这个事物以及与它相似的其他事物的历史数据，分析其中的相关模式，对现实世界中的物理现象给予快速的、适当的反应。而这些必将为迎合新的需求、创造新的商业机会提供保障。在这样的世界中，“物品”将可以基于现实世界的实时数据创造新的服务，分析和处理复杂的流程和关系问题。它们将可以处理突发事件，追踪环境问题和环境恶化趋势（如污染、地质灾害和自然灾害、全球变暖等），实时查看人类状态和记录人类活动（如健康状况、运动状态等），促进和改善基础设施的建设和基本能源的利用（如能源、运输等），并且可以处理能源消耗和碳排放效率等问题（如改善建筑物中的智能能源计量和使用、进行高效率的汽车能源消费等）。

Everything from individuals, groups, communities, objects, products, data, services, processes will be connected by the IoT. Connectivity will become in the IoT a kind of commodity, available to all at a very low cost and not owned by any private entity. In this context, there will be the need to create the right situation-aware development environment for stimulating the creation of services and proper intelligent middleware to understand and interpret the information, to ensure protection from fraud and malicious attack (that will inevitably grow as Internet becomes more and more used) and to guarantee privacy.

在未来的物联网中由于任何个人、团体、社区、组织、对象、产品、数据、服务、进程和活动都将通过物联网相互互联。这就使得通信和连通性成为未来物联网中的一个重要的基础的组成部分，也将成为未来物联网中的基础资源。未来的通信将以很低的成本提供给所有的参与者，并且不再为单一的组织、公司以及个体所独有。在这样的背景下，我们需要创建一套正确的状态感知开发系统，来方便用于理解和解释信息的智能服务和智能中间件可以正确的创建，从而确实保障所有参与物联网的相关各方和各种物品免受欺诈行为和恶意攻击行为的侵扰（毫无疑问，随着网络的发展这些攻击行为将无可避免越来越多），保护整个物联网环境中信息和数据的隐私与安



全。

Under this vision and making use of intelligence in the supporting network infrastructure, things will be able to autonomously manage their transportation, implement fully automated processes and thus optimise logistics; they might be able to harvest the energy they need; they will configure themselves when exposed to a new environment, and show an “intelligent/cognitive” behaviour when faced with other things and deal seamlessly with unforeseen circumstances; and, finally, they might manage their own disassembly and recycling, helping to preserve the environment, at the end of their lifecycle.

展望未来，当在网络基础设施和基本结构上使用了智能技术之后，物联网中的物品将获得自主管理其传输行为的能力。这样便在真正意义上实现了完全的自动化流程控制，为进一步优化物流行为、改善供应链提供了可能。在这样的基础设施和基本结构上，物品将可以自主获取或者生产满足它们活动和生存所必需的能源。在进入新的环境中，或者当它们所处的环境发生改变时，物品也将完成自主地配置来适应这种变化。同时，物品也将可以智能的感知、认识和学习，以应对其他物品与它的交互以及遭遇的突发意外情况。最后，在物品生命周期的终点，它们也将可以自主的完成分解和回收工作，从而帮助我们保护我们赖以生存的自然环境。

The Internet of Things infrastructure allows combinations of smart objects (i.e. wireless sensors, mobile robots, etc), sensor network technologies, and human beings, using different but interoperable communication protocols and realises a dynamic multimodal/heterogeneous network that can be deployed also in inaccessible, or remote spaces (oil platforms, mines, forests, tunnels, pipes, etc.) or in cases of emergencies or hazardous situations (earthquakes, fire, floods, radiation areas, etc.,). In this infrastructure, these different entities or “things” discover and explore each other and learn to take advantage of each other’s data by pooling of resources and dramatically enhancing the scope and reliability of the resulting services. 未来物联网 (IoT) 的基本结构和基础架构将允许所有的智能对象 (如无线传感器、移动机器人等)、各种传感器网络和探测网络以及人类的任意自由组合形式。未来的物联网将采用互相兼容但有区别的通信协议，来实现一个动态的、多样化的、丰富多彩的多模式网络。未来的物联网将不仅可以部署在网络资源丰富的地区 (如城市、乡村等); 像那些现在不可进行网络访问的地区、相距遥远的地方 (如石油钻井平台、矿山、森林、隧道、管道等)、有紧急情况或者危险情况发生的地区 (如地震、火灾、洪水、核辐射地带, 等), 未来的物联网也会将自己的网络扩展到那里。在这样的基本结构和基础架



构下，网络中的资源得到了无限汇集，网络的范围得到了显著的扩大，搜索和发现服务结果的可靠性和涵盖性得到了极大的提高。在这样的背景下，不同的对象和“物品”将可以随时随地发现和探知其他对象和“物品”的存在，学习并利用对方的数据以及它们的知识与经验。

The “things” in the Internet of Things vision will influence each other depending their functional capabilities (e.g. computational processing power, network connectivity, available power, etc.) as well as on context and situations (time, space etc.) and will be actively involved in different processes. Some of their attributes, actions and involvements are clustered under five domains and presented in Table 1:

从上面的展望中，我们了解到未来物联网中的物品将会积极地参与到各种互相影响、互相交互的流程以及活动之中。而这种影响和交互活动必将一方面受到物品自身功能和能力的限制（如它们的计算处理能力、网络连通性、可使用的电源，等等），另一方面受到所处环境与情况的影响（如时间、空间，等等）。所以根据物品参与物联网中互相影响、互相交互的各种流程和活动的行为、参与方式以及它们自身的某些属性，我们可以将未来物联网中的物品归纳为以下 5 种类型或者层次，正如表 1 所示的那样：

Table 1 Characteristics and attributes clustered under functional domains

表 1 各物品类型和层次的特征和属性

<p>Domain 1 - Fundamental characteristics 类别 1 (层次 1) —— 物品的基础属性</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● “Things” can be “real world entities” or “virtual entities” “物品”可以是“实体事物”，也可以是“虚拟事物”。</li> <li>● “ Things” have identity; there are means for automatically identifying them “物品”将拥有标识；存在相应的手段或方式可以自动的识别它们。</li> <li>● “Things” are environmentally safe “物品”将是环境安全的。</li> <li>● “ Things” (and their virtual representations) respect the privacy, security and safety of other “things” or people with which they interact “物品”（以及其虚拟表示）将尊重与它们相交互的其他“物品”或者人的隐私，保护它们的机密信息，保障它们的安全。</li> </ul>
--	---



	<ul style="list-style-type: none"> <li>● “ Things” use protocols to communicate with each other and the infrastructure “物品”将使用各种协议与其他物品、网络基础设施和网络基础结构相通信。</li> <li>● “ Things” are involved in the information exchange between real/physical, digital and virtual worlds “物品”将普遍地参与现实的物质世界和数字的虚拟世界之间的信息交换。</li> </ul>
<p>Domain 2 – Common characteristics of all things, even the most basic (applies to all higher classes too) 类别 2（层次 2）——所有物品的都将拥有的属性，也是最基本的（这些属性也将适用于更高级别类型的物品）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● “ Things” can use services that act as interfaces to “things” “物品”使用服务的形式作为它与其他“物品”相交互的接口。</li> <li>● “ Things” would be competing with other “things” on resources, services and subject to selective pressures “物品”将在可选择的原则下与其他“物品”竞争资源、服务和相应的主题内容。</li> <li>● “ Things” may have sensors attached, thus they can interact with their environment “物品”可以附加传感器和探测设备，这样将使得它们可以与所处的环境交互，并且与环境互相影响和作用。</li> </ul>
<p>Domain 3 - Characteristics of social things (applies to all higher classes too) 类别 3（层次 3）——社会化物品的属性（这些属性也将适用于更高级别类型的物品）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● “ Things” can communicate with other “things”, computing devices and with people “物品”可以与其他“物品”、计算设备和人进行通信。</li> <li>● “ Things” can collaborate to create groups or networks “物品”可以一起协作，共同创建团体和网络。</li> <li>● “ Things” can initiate communication “物品”可以自主地发起通信和交互。</li> </ul>
<p>Domain 4 - Characteristics of considerate autonomous things (applies to all higher classes too) 类别 4（层次 4）——理</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● “ Things” can do many tasks autonomously “物品”可以自己做很多事情，自动的完成很多任务。</li> <li>● “ Things” can negotiate, understand and adapt to their environment</li> </ul>



<p>想的自动化物品的属性 (这些属性也将适用于 更高级别类型的物品)</p>	<p>“物品”可以了解、适应和改善自身所处的环境。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● “Things” can extract patterns from the environment or to learn from other “things”</li> </ul> <p>“物品”可以从环境中分析和提取既有的模式，或从其他“物品”处学习到各种模式的数据、知识以及经验。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● “Things” can take decisions through their reasoning capabilities</li> </ul> <p>“物品”可以运用其推理能力做出决策。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● “Things” can selectively evolve and propagate information</li> </ul> <p>“物品”可以有选择的丰富信息，并且可以主动地传播信息。</p>
<p>Domain 5 - Characteristics of things that are capable of self-replication or control 类别 5 (层次 5) —— 具 有自我复制和自我管理 能力的物品的属性</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● “Things” can create, manage and destroy other “things”</li> </ul> <p>“物品”可以创建、管理并销毁其他“物品”。</p>

In the IoT architecture, intelligent middleware will allow the creation of a dynamic map of the real/physical world within the digital/virtual space by using a high temporal and spatial resolution and combining the characteristics of ubiquitous sensor networks and other identifiable “things”.

在未来物联网的架构中，智能化的中间件系统将允许在现实的物质世界和数字的虚拟世界之间建立起动态的对应关系。这种对应关系是通过在高级别时间和空间维度上将普遍存在的传感器网络和探测网络以及可以标识的“物品”的各种属性和特点进行自由组合而实现的。

In the physical world, things respond to stimuli from the environment in a consistent manner. When white light is shone on a red object the dye absorbs nearly all the light except the red, which is reflected. At an abstract level, the coloured surface is an interface for the object, and the light arriving at object can be a message sent to the thing, and accordingly its reflection is the response from the thing. The consistency in responses received from the interfaces for each message, enables

things to interact with their surroundings. Hence to make the virtual world comprehensible, there needs to be consistency in messages and their responses. This is enabled through standard interfaces, which in turn facilitate interoperability.

在现实的世界中，我们可以发现物品对于环境的同种刺激往往表现出同样的响应方式。这说明现实世界中的物品在响应外界环境刺激时具有一定之规。举例来说，通过光学试验和研究我们发现，当白光照射到红色物体上时，物体的表面将吸收白光中除了红色之外其他颜色的光，而只反射红光。我们可以这样来抽象这一现象：将涂有特定颜色的表面理解为这个物品的接口，光到达这个物品也就是向这个物品传递信息和数据，而光的反射现象也就是这个物品对于上述信息和数据的响应。正是由于物品在接口处（涂有特定颜色的表面）对于接受到的信息（白光）都将产生同样的一致响应（反射红光、吸收其他光），才使得这个现实世界是可以理解的，才使得这样的物品可以与它周围的环境和物品进行沟通与互相影响。因此，在虚拟世界中，我们要让这个世界的物品也是可以被理解的、可以被分析的、可以被作用的，就需要让这个虚拟世界的组成部分和其中的物品面对相同的刺激和信息时，产生相同的响应和反馈。这也就必然会要求虚拟世界和其中的物品所建立的接口必须是标准的、可以相互共有的、具有协同工作能力的。

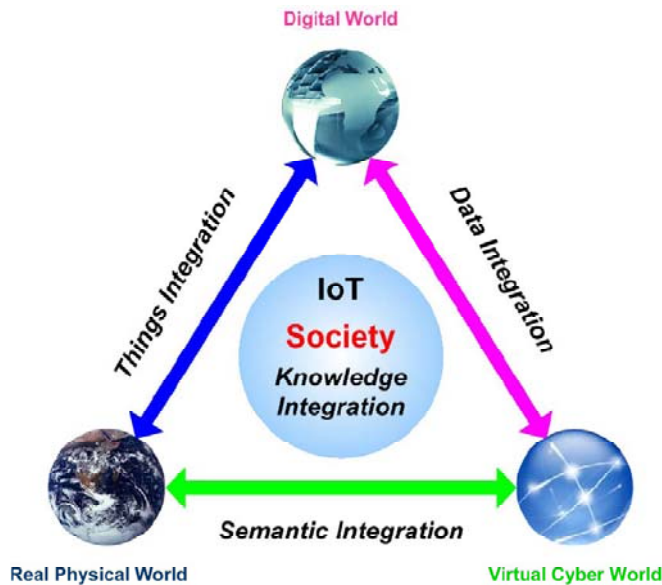


Figure 2 Internet of Things - a symbiotic interaction among the real/physical, the digital, virtual worlds and society

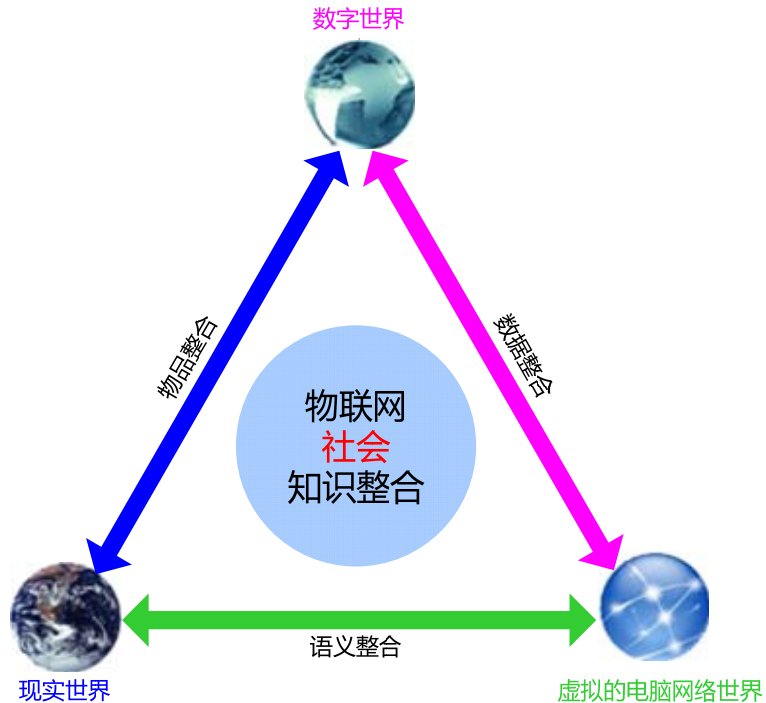


图 2 物联网——现实的物质世界和数字的虚拟世界以及我们所处的社会之间的共存互动关系

In the vision of Internet of Things, it is foreseeable that any “thing” will have at least one unique way of identification (directly by a “Unique Identifier” or indirectly by some “Virtual Identifier” techniques), creating an addressable continuum of “things” such as computers, sensors, people, actuators, refrigerators, TVs, vehicles, mobile phones, clothes, food, medicines, books, passports, luggage, etc. Having the capability of addressing and communicating with each other and verifying their identities, all these “things” will be able to exchange information and, if necessary, be deterministic. It is also desirable that some “things” have multiple virtual addresses and identities to participate in different contexts and situations under different “personalities”.

展望未来的物联网，其中的任何“物品”都将至少存在一种方式进行标识（直接通过“唯一标识”或者通过一些“虚拟标识”技术进行）。这样我们就可以创建一系列可以寻址和标识的“物品”的序列，像计算机、传感器、人、驱动装置（actuators）、冰箱、电视、汽车、手机、衣服、食物、药品、书籍、护照、行李，等等。具有了这种



可以被寻址、可以被标识的能力，“物品”才有可能交换信息和数据，并在需要的情况下确定其身份。当然，这里值得注意的是，有很多的“物品”将可能存在多个虚拟地址和标识。这样做是为了适应不同的环境与情况，允许这些物品表现出不同的身份、行为、响应以及表现形式（或者简言之表现出它们的“个体特性”）。

Many “things” will be able to have communications capabilities embedded within them and will be able to create a local communication network in an ambient environment together with other “things”. These ad-hoc networks will connect with other communication networks, locally and globally and the functionalities of the “things” will be influenced by the communications capabilities and by the context. “Things” could retrieve reference information and start to utilize new communication means based on their environment.

在未来的物联网中，很多的“物品”将能够包含嵌入的通信能力。它们可以在一个周围有其他“物品”存在的环境中，主动地创建本地通信网络。当然“物品”的这种通信功能也将受自身通信能力以及所处环境和情况的限制与影响。但是我们也要注意，这种临时建立的特设通信网络将能够与其他通信网络（本地的、一定范围内或者全球的）相连接。同时在建立这种通信的过程中，“物品”将可以检索自身和周围的可以参考与利用的信息，根据所处环境尝试各种不同的以及新的通信手段。



## Chapter 2 Internet of Things Application

### Domains

## 第二章 物联网的应用领域

The concept of Internet of Things can be regarded as an extension of the existing interaction between humans and applications through the new dimension of “Things” communication and integration. IoT will add value and extend the capabilities of traditional and localised exploitation of automatic identification and data capture (AIDC) and other interfacing ‘edge’ technologies and examples of envisioned IoT applications will be given in the following sections.

从上一章中我们了解到，未来的物联网可以看作是现有的人与应用之间交互的扩展。只不过这种新的交互是通过“物”这个层面上的交流和融合来实现的。正因为如此，未来的物联网（IoT）必将给现在传统技术的应用（如：自动识别和数据采集技术（AIDC）以及其他一些现有边缘技术的应用）带来更大的附加价值，将扩展这些技术的使用范围，打破现有本地化的限制，从而大大扩展这些技术的应用领域和适应能力。本章就将用接下来的篇幅介绍现在我们已经可以想见的一些基于未来物联网（IoT）的应用事例。通过这些应用事例的介绍将可以为我们勾勒出未来物联网的发展蓝图和宏大远景。

The term “Things” can be perceived in a different way and depending on the domain in which it is used. In Industry, the “Thing” may typically be the product itself, the equipment, transportation means, etc; everything that participates in the product lifecycle. In Environment this might refer to the trees, a building, condition measurement devices, etc. Lastly, in the whole society the “Thing” may be related to devices within public spaces or devices for Ambient Assisted Living, etc. Hence, and in order to think of the possible applications for the Internet of Things, we need to identify the main application domains, a proposal of which is illustrated in Figure 3.

“物品”这个词可以有很多种不同的解释方式。而这些解释方式完全取决于物品所处的应用领域。在实业领域中，“物品”既可以被理



解为传统意义上的产品、设备、交通工具等；也可以被理解为参与产品生命周期中的任何事物。在环境领域中，“物品”又可以指代树木、建筑、环境测量设备等。进一步来说，如果在整个社会领域中，“物品”又既可以表示那些公共空间中的设备和实体，也可以表示那些专有领域和私属空间与环境（如居家协助（Ambient Assisted Living）<sup>7</sup>环境）中的设备和实体，等等。因此，为了更好的思考未来物联网的应用范围，我们需要正确识别物联网所涉及的主要应用领域，找到物联网和这些领域的结合点与交集，正如图 3 所示的一样。

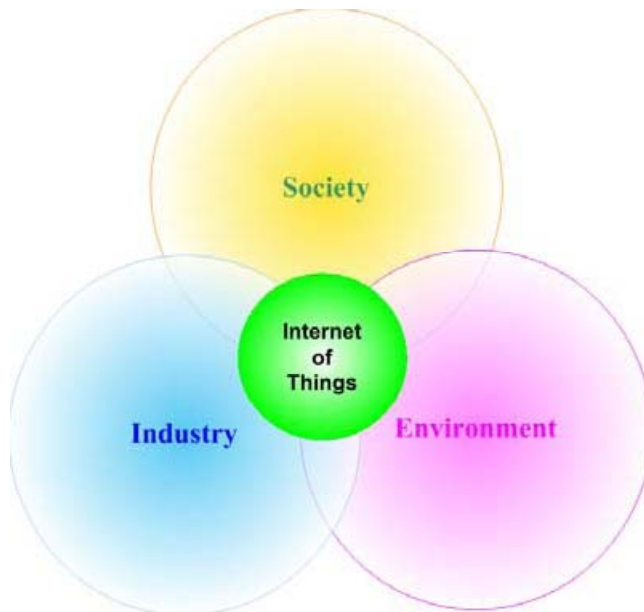


Figure 3 IoT Applications Domain

<sup>7</sup> Ambient Assisted Living, AAL: 居家协助计划是由欧洲框架研究计划的组成部分，其目的是为了在信息化社会中更好的改善和提供老年人口的生活质量，促进欧盟信息化研究成果更好的为老年人口服务而设立的。相关资料请参见：

<http://www.aal-europe.eu/>

或

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ambient Assisted Living](http://en.wikipedia.org/wiki/Ambient_Assisted_Living)

或

[http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/einclusion/policy/ageing/launch/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/einclusion/policy/ageing/launch/index_en.htm)

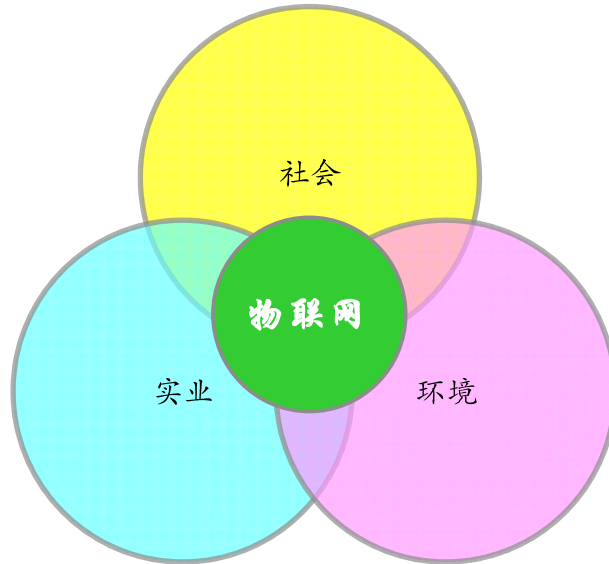


图 3 物联网的应用领域

The characteristics of each domain and some indicative examples are presented the Table 2.

通过分析，表 2 将为我们列举出了每个领域中物联网的应用特征和一些典型事例：

Table 2: IoT Application Domains - Description and Examples

Domain	Description	Indicative examples
Industry	Activities involving financial or commercial transactions between companies, organisations and other entities	Manufacturing, logistics, service sector, banking, financial governmental authorities, intermediaries, etc.
Environment	Activities regarding the protection, monitoring and development of all natural resources	Agriculture & breeding, recycling, environmental management services, energy management, etc.
Society	Activities/ initiatives regarding the development and inclusion of societies, cities, and people	Governmental services towards citizens and other society structures (e-participation), einclusion (e.g. aging, disabled people), etc.



表 2 物联网的应用领域 —— 特征描述和应用事例

领域	特征描述	典型事例
实 业 领 域	物联网将可以涉及公司、机构和其他实体之间的金融与商业活动	制造业、物流业、服务业、银行业、政府金融部门、流通业等
环 境 领 域	物联网将可以涉及环境保护、环境监测和自然资源开发等活动	农业与畜牧业、环保、环境管理、能源管理等
社 会 领 域	物联网将可以涉及涵盖人口、城市和社会中各种群体以及他们发展的相关活动与计划	包含公民和社会结构（如：e-participation <sup>8</sup> ）以及其他社会群体（如老年人和残障人士）等的政府服务

Since we cannot isolate any of the above domains, we need to think in terms of developing new applications and services that apply at intra- and inter-domain level. For example, monitoring of the food chain, or dangerous goods, has not only to do with the industry itself, but also has societal implications that need to be taken into consideration.

无疑，未来的物联网将贯穿于上述领域的各个层面。所以在发展过程中，我们需要随时随地的思考如何将基于物联网的应用和服务部署成既可以适用于各领域的内部也可以适用于各领域之间相交互的情况。举例来说，就像食品供应链和危险物品的监控就不单单只是涉及实业领域本身的事情，还需要考虑社会领域中的活动以及相关影响等问题。

Therefore, in the Internet of Things paradigm, we can refer to Applications (in the sense of a whole system/ framework/ tool that supports one or more of the above domains) and isolated Services that cater for a specific functionality/ need of the intra- inter domain level. While these applications domains have different objectives/goals, they don't have significantly different requirements with regard to IoT and applications that would be deployed on that platform.

总的来说，在未来物联网的环境和模式之下，我们所提到的应用（这里指的是起码支持上面一个或多个领域的整个的系统、框架或者工具）和独立的服务都不但要顾及他们的特殊功能和需要，而且要考虑在领域内部以及领域之间进行交互的问题。所以，尽管这些应

<sup>8</sup> e-participation 相关资料请参见：

[http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/egovernment/implementation/rep\\_action/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/egovernment/implementation/rep_action/index_en.htm)

或

<http://en.wikipedia.org/wiki/E-participation>



用领域都有着各自不同的目标与预期，但是这些领域的应用本质上并不存在显著不同的特别要求。因此，未来的物联网以及其上的应用都应该从公用性角度出发进行开发和部署。

## 2.1 Aerospace and aviation (systems status monitoring, green operations)

### 航天和航空业（状态监控、低碳运转）

The Internet of Things can help to improve safety and security of products and services by protecting them from counterfeiting. The aviation industry, for example, is threatened by the problem of suspected unapproved parts (SUP). An SUP is an aircraft part that is not guaranteed to meet the requirements of an approved aircraft part (e.g., counterfeits, which do not conform to the strict quality constraints of the aviation industry). Thus, SUPs seriously violate the security standards of an aircraft. Aviation authorities report that at least 28 accidents or incidents in the United States have been caused by counterfeits [1]. Apart from time-consuming material analyses, verifying the authenticity of aircraft parts can be performed by inspecting the accompanying documents, which can be easily forged. This problem can be solved by introducing electronic pedigrees for certain categories of aircraft parts, which document their origin and safety-critical events during their lifecycle (e.g., modifications). By storing these pedigrees within a decentralised database as well as on RFID tags, which are securely attached to aircraft parts, an authentication (verification of digital signatures, comparison of the pedigree on RFID tags and within the database) of these parts can be performed, for example, prior to installing them within an aircraft. Thus, safety and security of an aircraft is significantly improved.

未来的物联网将可以大大提高航天和航空领域中产品和服务的安全性、隐私性以及可靠性。从一个单独的方面来讲，物联网将帮助航天和航空业减少和屏蔽假冒伪劣现象的产生。举例来说，现今世界上，飞机制造业的一大问题就是所谓的非核准零件（SUP<sup>9</sup>）问题。非核准零件就是那些没有经过认证、无法保证是否符合航空和航天标准以及质量控制要求的飞行器零件与部件（如：不符合飞机制造

---

<sup>9</sup> 有关 SUP 的相关资料可以参考  
<http://www.faa.gov/aircraft/safety/programs/sups/>



严格的质量控制要求的仿冒品或伪造品)。这些零件和部件的产生与使用都极大干扰了飞机制造业安全标准的推进进程，而且大幅加大了航天和航空活动中事故与意外情况产生的机率，从而干扰了航天和航空业的正常秩序。就仅仅拿美国来说，据官方统计数据 displays，就至少有 28 起飞机事故和空难是由于使用了这些非核准零件而直接引起的。所以，除了耗费时间和金钱进行材料分析之外，核实和验证飞机零部件的真实性也是一个必须要认真面对的问题。现在核实和验证这些零部件的真实性主要是通过验证它们随附的相关文件来进行的。然而众所周知文件的伪造本身就是一件轻而易举的事情。因此，我们必须找到更加有效的手段来完成这一工作。通过物联网的研究我们发现，这一问题可以通过建立这些零件和部件的电子族谱以及跟踪记录来实现。零件和部件的电子族谱和跟踪记录将可以记录它们自身生命周期之中完整的从属关系和各自来源以及需要特别登记的关乎整体安全性的相关事件（如：相关的修改行为等）。当这些电子族谱和跟踪记录与无线射频标签（RFID）相绑定，并且附着在相关的飞机零件或部件之上时，就可以建立起一系列离线的、分散的数据库和数据记录。通过这样做，当我们需要对飞机部件和零件进行检验和验证时，就可以首先使用这些电子族谱和跟踪记录（例如，查证它们的数字签名，将这些电子族谱和跟踪记录与数据库中的相关记录相对等），来验证哪些零件和部件是安全的、可靠的，或者是从记录来看比较安全的，而哪些是不安全的。从而，帮助我们提高航空和航天领域的安全性与可靠性。

The ‘on-condition’ wireless monitoring of the aircraft by using intelligent devices with sensing capabilities available within the cabin or outside and connected to the aircraft monitoring systems is another emerging application area that forms the basis for ubiquitous sensor networks [19].

上面主要谈到了飞行器制造业的安全问题。从另一个角度来讲，未来的物联网，特别是通过使用附着在机舱内部和外部的具有感知能力的智能设备，将可以为我们建立起一个可以根据需要和情况来实时、无线的监控航空器的网络环境。而这样的网络环境也将可以通过物联网这一平台融入到全球未来的普适传感器网络之中。[19]<sup>10</sup>

The nodes in such a network will be used for detecting various conditions such as pressure, vibrations, temperature etc. The data collected gives access to customized usage trends, facilitates maintenance planning, allows condition-based maintenance, reduces maintenance and waste and will be used as input for evaluating and

---

<sup>10</sup> 参考文献[19]，民用航空领域自服务资产路线图(Roadmap to Self-Serving Assets in Civil Aerospace)



reducing the energy consumption during aircraft operations.

在这样的监控网络之中，所有节点都将被用来探测各种各样的数据，如：压力数据、振动幅度，温度信息等。而这些数据都将被收集，也都被将详细的分析。通过分析这些数据，我们将可以找出其中在使用和运行上的习惯规律和趋势，将可以帮助改进像维修计划制定这样的工作。就拿改进维修计划来说，我们完全可以通过上面的数据分析来了解飞机的实际情况，从而判断它是否需要进行维修，也就是使理想意义上的“基于实际情况的维修计划”成为可能。这样做必将可以帮助航空和航天业有效减少维修成本的投入和浪费，改善飞机的实际安全和可靠程度。另一方面，通过收集上面所提到的相关数据，也将可以为我们的评估和减少航天和航空业的能源消耗提供条件。从而，帮助我们减少航天和航空业的总体碳排放水平，保护我们赖以生存的自然环境。

**Safety - the challenge of sustaining the confidence of both the passenger and society that commercial flying will not only remain extremely safe, notwithstanding greatly increased traffic, but will reduce the incidence of accidents and enhance efficiency. In this context, wireless identifiable systems will be developed using:**

安全——是航天和航空业能否获得客户和社会支持所要面对的第一要务。随着商业飞行业务的发展，通过飞机进行运输的交通流量得到了显著的提高。我们不但要致力于提高运输的效率，更加重要的是要减少事故和空难出现的数量。所以，在未来物联网中无线标识网络应该向着以下两个方面发展：

- **RFID tags correlated with luggage in containers, RFID tag based passenger/crew/luggage/cargo tracking concepts**  
要努力发展与行李和旅行携带物相连接的 RFID 标签，以及从追踪旅客、机组人员、行李、货物概念出发而设计的 RFID 标签，等。
- **RFID tags and sensors on conveyors; cost effective reading systems linked to overarching security database; CCTV and data imaging software**  
要努力发展传送设备上的传感器、探测设备和 RFID 标签，可以与安全认证系统和数据库相连接的低价读取设备，闭路电视以及图像处理软件和系统等。



## 2.2 Automotive (systems status monitoring, V2V and V2I communication)

### 汽车工业（系统状态监控、车对车(V2V<sup>11</sup>)以及车对系统(V2I<sup>12</sup>)通信）

Applications in the automotive industry include the use of “smart things” to monitor and report everything from pressure in tyres to proximity of other vehicles. RFID technology is used to streamline vehicle production, improve logistics, increase quality control and improve customer service. The devices attached to parts contain information related to the name of the manufacturer and when and where the product was made, its serial number, type, product code, and in some applications the precise location in the facility at that moment. RFID technology provides real-time data in the manufacturing process, maintenance operations and offers a new way of managing recalls more effectively.

在汽车工业中，未来物联网中的“智能物品”将可以帮助我们监控像轮胎气压、周围车辆状况等数据，以便我们可以实时获取车辆全方位的各种信息。同时，通过采用像 RFID 这样的自动识别技术，未来的物联网还将可以帮助我们提高汽车工业的整体生产效率、改善物流的整体水平、加强车辆的质量控制以及帮助我们改善客户的服务体验等。在这样的整体环境中，汽车上的部件将可以携带诸如制造商名称、生产时间、生产地点、生产批号、部件编号、部件类型以及产品编码等信息。甚至在某些应用中，我们将可以对汽车实施精准的实时定位操作，从而帮助我们改善整个交通系统并处理突发情况。而且像 RFID 这样的自动识别与数据采集技术也将能够帮助我们获得在汽车生产过程以及维护过程中的各种实时数据，并且方便我们更加有效地执行相关召回事件的管理工作。

---

<sup>11</sup> V2V: vehicle-to- vehicle

<sup>12</sup> V2I: vehicle-to-infrastructure

相关资料请参考：

<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/353>

和

[http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/esafety/2010/amsterdam\\_25mar/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/2010/amsterdam_25mar/index_en.htm)

以及

[http://ec.europa.eu/research/transport/news/article\\_3396\\_en.html](http://ec.europa.eu/research/transport/news/article_3396_en.html)



The use of wireless identifiable devices helps the stakeholders to gain insight into where everything is so it is possible to accelerate assembly processes and locate cars or components in a fraction of the time. Wireless technology is ideal in enabling real-time locating systems (RTLS) and connecting with other IoT sub networks, improving vehicle tracking and management and supporting automotive manufacturers better in managing the process of testing and verifying vehicles coming off the assembly line while tracking them as they go through quality control, containment and shipping zones.

在未来物联网的背景下，通过在汽车制造业中使用无线识别设备，将可以使我们在尽可能短的时间内定位汽车以及它的各种部件的确切位置，帮助我们加快汽车的组装和生产速度，提高整体生产效率。而且各种无线技术也将特别适合于未来的实时定位系统（RTLS），可以很方便地实现汽车与其他的物联网子网络相连接，提高车辆的跟踪和管理水平。同时，这样做也将可以在很大程度上帮助汽车制造商。他们将可以更加有效的随时随地（不论是在汽车的质量监测部门，还是在仓储或者运输环节中）管理和监控他们生产的汽车，特别是在这些车辆离开生产线后的各种检修和改造过程中。

Dedicated Short Range Communication (DSRC) will also give the possibility of higher bit rates and reduce the possibility of interference with other equipment. Vehicle-to-vehicle (V2V) and vehicle-to-infrastructure (V2I) communications will significantly advance Intelligent Transportation Systems (ITS) applications such as vehicle safety services and traffic management and will be fully integrated in the IoT infrastructure.

在未来的物联网中，将大范围使用专用短距离通信技术(DSRC)。通过这种技术的广泛应用，未来的网络世界中的通信将获得更高的传输速率，并且将可以避免或者减少与其他设备的相互干扰。在这样的环境中，车对车(V2V)以及车对系统(V2I)通信技术的应用将大大推进智能交通系统（ITS）的发展进程，真正意义上实现车辆安全和交通管理体系与物联网完全整合在一起。

The vehicle itself is also considered as a ‘thing’, enabling it to make automatic emergency calls or breakdown calls when appropriate, collecting as much data as possible from surrounding ‘things’, such as the vehicle parts itself, the supporting transportation infrastructure (road/rail/etc), other vehicles in the vicinity, sensors in the load it is carrying (humans, goods, etc).

从另一角度来看，车辆本身也可以看作是未来物联网中的“物品”。因此，它也将可以适时地自动、自主地在发生紧急情况或者故障的情况下发起呼叫；也将可以尽其所能地收集周围“物品”的数据与信息，比如：来自车辆部件、交通设施（如：道路、铁路，等）、周



边车辆的状况、以及所承载物品（如：人、货物，等）的各种各样的探测到的数据以及信息。

There is an extensive range of complementary AIDC technologies (microdotting, matrix coding, etc) with attributes that can often be successfully matched to needs and applied to satisfy particular applications. Microdotting is a technology designed in the 40's for military use and has become a technology of choice in the automotive industry to prevent theft.

这里需要明确的是，未来的物联网中并不是某种技术可以通行天下。比如：我们就需要通过使用众多的、可以互补的自动识别与数据采集（AIDC）技术（如：微点照片识别技术<sup>13</sup>、二维条码技术等）来更好的满足相关应用的各种需求，特别是在某些特定的应用环境之中。

Today other techniques, such as the use of motes, which consists of a set of extremely small microprocessors with some communication capabilities are currently also being considered because they offer additional advantages. This is an emerging field [16], which might well replace classical microdotting technologies.

而且站在今天的角度，我们也可以发现一些其他技术，如：Motes 技术<sup>14</sup>，也可以被列入重点考虑和应用的范畴。这些技术通过使用具有一定通信能力的微处理器或微处理系统，将为我们构建未来物联网中的应用提供各种特殊的便利条件。所以，对于新技术的采用和研究将是我们必须致力于的关键任务领域之一[16]。在未来物联网的发展过程中，我们不但要继续发掘现有技术的应用潜力，而且也要考虑新技术替代旧技术（如：微点照片识别技术）的可能性。

---

<sup>13</sup> Microdotting: 微点照片识别技术是上个世纪 40 年代产生的一种军用技术，目前主要用于汽车防盗等领域。

相关资料可以参见：

<http://en.wikipedia.org/wiki/Microdot>

或

<http://www.sciencein africa.co.za/2005/november/microdot.htm>

或

<http://www.microdots.co.za/Technology.htm>

或

[http://ec.europa.eu/transport/roadsafety\\_library/publications/sarac2\\_1.1.pdf](http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/publications/sarac2_1.1.pdf)

<sup>14</sup> Motes: 传感节点或探测节点，指的是在无线传感或探测网络中的某些微小的、可能有电源支持的可操作节点技术。

相关资料请参见：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_node](http://en.wikipedia.org/wiki/Sensor_node)



## 2.3 Telecommunications

### 电信业

IoT will create the possibility of merging of different telecommunication technologies and create new services. One example is the use of GSM, NFC (Near Field Communication), low power Bluetooth, WLAN, multi hop networks, GPS and sensor networks together with SIMcard technology. In these types of applications the Reader/tag is part of the mobile phone, and different applications share the SIM-card. NFC enables communications among objects in a simple and secure way just by having them close to each other. The mobile phone can therefore be used as a NFC-reader and transmit the read data to a central server. When used in a mobile phone, the SIM-card plays an important role as storage for the NFC data and authentication credentials (like ticket numbers, credit card accounts, ID information etc).

未来的物联网将整合我们现在已经存在的各种不同的通信技术，并且将发展出以及创造出更多崭新的应用类型和服务模式。比如，我们完全可以预期，未来的SIM卡将可以集成GSM（全球移动通信系统）、NFC<sup>15</sup>（近距离通信）、低功耗蓝牙、无线局域网（WLAN）、multi hop networks、GPS和传感网络等多种通信功能。在一些自动识别技术的应用中，同一台手机将既可以作为标签，也可以充当读取设备。这样的话，手机的许许多多应用全部被整合和共享在同一块SIM卡中。用户将可以方便的使用各种功能；应用提供商将可以顺利地开展他们的业务；管理机构将可以有效的管理和协调整个网络中应用以及通信的流量与安全。就拿NFC——近距离通信——来说（它是一种可以让距离比较近的物品之间实现简单、安全的通信的技术），一方面在手机充当NFC读取器时，它将可以帮助我们特定的区域收集信息，并将这些信息传送到可以处理它们的中心服务器上；另一方面在手机使用支持NFC技术的SIM卡时，它又将可以充当NFC数据的存储设备以及个人身份验证凭证（如：票的号码、信用卡帐号、身份信息等等）等角色。

Things can join networks and facilitate peer-to-peer communication for specialized purposes or to increase robustness of communications channels and networks. Things can form ad-hoc peer-to-peer networks in disaster situations to keep the flow of vital information going in case

<sup>15</sup> Near Field Communication

相关资料参见：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Near\\_Field\\_Communication](http://en.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication)



of telecommunication infrastructure failures.

在未来的物联网（IoT）中，物品将不但可以加入特定的网络，而且将可以自主地根据自身的需要发起特定目的的点对点（P2P）通信。这将使得未来的物联网中的通信网络和通信信道具备强大的稳定性和鲁棒性。在这样的网络中，一旦某些通信设施发生了故障，物品将可以自适应的组建各种点对点（P2P）网络，保障各种信息和数据可以顺利、准确的传递到指定的位置，而不受特定通信故障与通信线路的影响。

In the long term, the borders between IoT and classic telecommunication networks will blur: a situation-aware service environment will be pervasively exploited (crossing different domains) for supporting the creation of services and understanding of information, at the same time ensuring protection from frauds (that will inevitably going to grow as Internet becomes more and more used), guaranteeing privacy. In this context, services will be composed from different providers, stakeholders, and even end-users' terminals.

放眼未来，物联网与传统的通信网络之间的界限将逐步消融。在未来的网络中将广泛地，跨越多种不同的应用领域，建立起一套基于情境感知的服务环境。这种基于情境感知的服务环境将可以帮助我们未来的网络中创建服务，理解数据和信息，防范欺诈和黑客攻击行为（可以预见，随着未来互联网应用的进一步扩展，其隐患将变得越来越大），以及保护我们各自的隐私。在这样的背景下，服务将不仅仅来自各种不同的服务提供商；利益相关方，甚至是最终用户的终端设备都将可以被整合进来，作为服务的不可或缺的组成部分。

Services will cross different administrative domains and users will be able to compose and mash them up freely; moreover they will readily adapt in order to provide the better functions according to computing and communication environment.

在未来的网络中，服务将穿越多种不同的管理级别。即使是最终用户也将被允许（在权限范围内）自由的分拆以及组合各种服务与功能。同时，未来的服务将具有自主判断和适应所处计算与通信环境的能力，以便根据不同环境提供给用户最适合的功能以及接口。



## 2.4 Intelligent Buildings (automatic energy metering/home automation/wireless monitoring)

### 智能建筑领域(自动能源监测、家居自动化、家居无线监控)

Building and home automation technologies have usually been deployed only in high-level offices and luxury apartments. Much research has been done on the benefits and possibilities of “smart homes” [15]. As the technologies mature and cheap wireless communication becomes abundant, the range of applications is becoming much broader. For example, smart metering is becoming more popular for measuring energy consumption and transmitting this information to the energy provider electronically. In conjunction with modern home entertainment systems, which are based on general-purpose computing platforms, they could easily be combined with other sensors and actors within a building, thus forming a fully interconnected, smart environment. Sensors for temperature, humidity provide the necessary data to automatically adjust the comfort level and to optimize the use of energy for heating or cooling. Additional value is provided by monitoring and reacting to human activity, such that exceptional situations could be detected and people can be assisted in everyday activities, thereby supporting the elderly in an aging society.

一直以来，建筑的智能化和家居的自动化等技术被认为是高级办公室、高档公寓以及豪华会所的专有概念之一。但是大量关于“智慧的家庭”中成本收益以及可行性这一领域的分析和研究[15]正告诉我们这样一个事实：随着技术的逐步发展和成熟，随着无线通信等相关技术可以更加廉价与便捷的实现，“智慧的家庭”将最终为大众所接受，这一领域的各项相关应用也将得到更加广泛的发展与普及。举例来说，站在今天这个时间点上，我们可以发现近些年来智能能源测量技术正变得越来越受大家的推崇。这是因为这项技术可以帮助我们动态的监测能源的消耗，并将相关的数据和信息反馈到我们的能源提供商，帮助他们减少碳排放水平，保护我们所处的环境。同时在未来，这些用于测量能源消耗的设备也将可以与基于通用计



算平台的现代家庭娱乐系统相整合，甚至可以与所处建筑物的其他传感探测装置以及其它设备相连接，构建一个闭环的、可以相互连接、相互通信的智能生活环境。在这样一个环境之中，通过传感器探测到的各种温度、湿度数据，系统将可以自动地调节居住环境的舒适程度，改善这个建筑物供暖与制冷的能源利用效率；而且系统将可以通过监测住户的行为，做出适当的反应，提供必要的以及额外的服务与功能（比如，监控各种异常的情况；协助住户完成各项日常的活动；在未来的老龄化社会中，帮助和照顾老年人打理居家生活等）。

Autonomous networked wireless identifiable devices with physical sensors that combine advances in sensor miniaturisation, wireless communication, and micro-system technology will form the ubiquitous sensor networks that can make accurate measurements of environmental parameters (temperature, humidity, light etc.) in buildings and private homes. Building energy control systems are merely the next application of wireless identifiable devices by bringing the possibility of accurate climate control for all buildings down to the level of individual houses. Web-based smart energy metering and localisation and mapping of energy consumption will be one of the IoT applications. 在未来，通过将可自组网络的无线可标识设备与传感器相绑定，我们将可以真正做到将传感探测设备小型化技术、无线通信技术、微型系统技术等多种技术整合在一起。这样发展起来的普适传感器网络将不但可以帮助我们更加精确的测量建筑物和住宅内的各项环境参数（如温度、湿度、光照等）；而且在使用了建筑能源控制系统的情况下，可以帮助我们精确的控制建筑物内每所住宅的室内环境；从而建立起一种集网络化智能能源测量、本地化能源控制、全局化能源消耗关联于一身的物联网应用模式。

In this scenario, autonomic technologies and architectures will represent the enabling solution: an autonomic home network will be intelligent and capable of sensing and adapting to environment changes whilst performing self-\* capabilities (e.g. configuration, healing, optimization, protection). Autonomics will make home network architecture highly dynamic and distributed enabling the interworking of several devices and systems. Interworking of home networking systems and devices with other systems and devices external to the intranet will be achieved via Personal Virtual Private Networks (VPN). Use of Personal VPN also for home networking will become more and more popular due to inexpensive, high capacity Internet connectivity: secure, inexpensive, Personal VPN solutions will be used to share files between home, office computers, people on the move, etc.

在这样一种景象下，未来的自动化技术和建筑技术将为我们描绘出



这样一幅可能的画卷：未来的自动化家庭网络环境将是具有智能的。它将具有多种自主能力，如：自主配置能力、自主修复能力、自主优化能力和自我保护能力等。它将能够感知和适应环境的各种变化，更加适宜人类居住。通过自动化技术，家庭网络的结构将呈现高度的动态化和离散化。这将使得各种设备之间、各种系统之间、设备与系统之间的交互工作更加简单与便捷。通过使用虚拟专有网络（VPN）<sup>16</sup>，家庭网络中的设备和系统将可以同企业内部网络（intranet）中设备和系统一起协同交互工作起来。而且随着网络接入成本的持续降低、网络连接性能的逐步提升，我们可以预见，在家庭网络中越来越多地使用虚拟专有网络（VPN）这一趋势将不可避免。同时，由于虚拟专有网络（VPN）安全可靠、成本低廉，在未来，会有一大批用来在家庭、办公室以及户外旅行中的人与设备之间交换、共享、传递信息和文件的应用，随着虚拟专有网络（VPN）技术的发展而蓬勃兴旺起来。

Any device or thing that has human input controls can be used to securely interface with the building's services to monitor status and change its settings. Using home automation devices with wireless communication technologies (i.e. ZigBee<sup>17</sup>, 6LoWPAN, etc.) all of building's "things" can have two-way communication with each other. For example the touch screen monitor on the fridge can be used to change the thermostat's settings. Or a mobile phone entering the building can activate that person's preference profile setting for the home. Or the washing machine can autonomously order replacement parts while under warranty. Personal mobile devices will be automatically detected and integrated when within range of the home network.

在未来的智能建筑中，物联网将使得任何具备人类输入和控制接口的设备和物品可以安全、便捷的与整个建筑物的各种服务相连接，从而方便人们对系统的状态和设置情况进行实时的监视和控制。通过使用支持无线通信技术（如ZigBee、6LoWPAN<sup>18</sup>，等）的家庭自动化设备，建筑物内的所有的“物品”都将具备可以相互间双向通信

<sup>16</sup>虚拟私有网络(VPN) 相关资料可以参考：

<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E8%99%9B%E6%93%AC%E7%A7%81%E4%BA%BA%E7%B6%B2%E8%B7%AF> （中文）

或

[http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_private\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_private_network) （英文）

<sup>17</sup> ZigBee 相关资料可以参考：

<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/ZigBee> （中文）

或者

<http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee> （英文）

<sup>18</sup> 6LoWPAN 相关资料可以参考：

<http://en.wikipedia.org/wiki/6LoWPAN> （英文）



的能力。举例来说，在这种环境下，我们可以通过电冰箱上的触摸屏控制和调整自动温控装置的设置。或者当人们携带自己的手机进入时，住宅可以根据手机主人的偏好设置，来自动调节到适合于他/她的居住环境。甚至更有甚者未来的洗衣机将在主人授权的情况下，根据监控数据，自主地判断是否需要自动订购它即将损坏的各种配件。所以，总的来说，在未来的家庭网络的范围内，个人移动设备和移动终端将真正可以做到自主感知、自动整合。

## **2.5 Medical Technology, Healthcare, (personal area networks, monitoring of parameters, positioning, real time location systems)**

医疗技术、医疗卫生和医疗保健领域（人体网络、人体参数监测、人体定位、人体实时定位系统）

The IoT will have many applications in the healthcare sector, with the possibility of using the cell phone with RFID-sensor capabilities as a platform for monitoring of medical parameters and drug delivery. The enormous advantages are to be seen firstly in prevention and easy monitoring (and having therefore an essential impact on our social system) and secondly in case of accidents and the need for ad hoc diagnosis.

首先，随着带有 RFID 传感器功能的手机得到普遍使用，特别是基于它们的各种可以采集病人状态、医疗参数和药品配送信息的监控平台被搭建起来以后，未来的物联网必将在医疗卫生和保健领域得到越来越广泛的应用。随着这些应用的普及，从一般老百姓到整个社会都将从中获得越来越多的切实利益：第一，在这样的环境下，我们将可以建立起更加完善、更加便捷的疾病监控和预测系统，可以帮助我们提前预防各种传染性疾病的威胁（这必将对我们社会的安定团结、和谐发展提供保障）。第二，当遇到意外情况或者突发公共



卫生事件的时候，这样的环境也将可以帮助我们做出及时地反映，适时地联系和协调各种医疗机构以及医疗资源。

The combination of sensors, RFID, NFC (near field communication), Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN, WirelessHART, ISA100, WiFi will allow significantly improved measurement and monitoring methods of vital functions (temperature, blood pressure, heart rate, cholesterol levels, blood glucose etc). In addition, it is expected that the sensor technology will become available and at much lower cost and with built-in support for network connectivity and remote monitoring.

其次，随着传感器技术的进步，随着廉价的、内置有网络通信能力和远程监控能力的设备得到大范围的应用，未来的物联网将可以整合使用各种相关技术（如：传感器、RFID、NFC（近距离通信）、蓝牙、ZigBee、6LoWPAN、WirelessHART<sup>19</sup>、ISA100<sup>20</sup>和WiFi<sup>21</sup>等技术），这将允许我们在更高水平上测量和监视各种重要的人体生命指征（比如：体温，血压，心率，胆固醇含量，血糖含量等）。

Implantable wireless identifiable devices could be used to store health records that could save a patient's life in emergency situations especially for people with diabetes, cancer, coronary heart disease, stroke, chronic obstructive pulmonary disease, cognitive impairments, seizure disorders and Alzheimer's as well as people with complex medical device implants, such as pacemakers, stents, joint replacements and organ transplants and who may be unconscious and unable to communicate for themselves while in the operating theatre.

再者，随着可以植入人体的无线可标识设备被越来越广泛的用来记录人们的健康状况，未来的物联网将帮助我们在各种紧急情况发生的时候尽可能挽救每一位病人的生命。特别是对那些患有慢性病或者特殊疾病（如：糖尿病、癌症、冠心病、中风、慢性障碍性肺病、

---

<sup>19</sup>WirelessHART 相关资料请参见：  
<http://en.wikipedia.org/wiki/WirelessHART>（英文）

或者  
<http://www.hartcomm.org/>（英文）

<sup>20</sup> ISA100 相关资料请参见：  
<http://www.isa100wci.org/>（英文）

或者  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Isa100.11a>（英文）

或者  
<http://www.isa.org/>（英文）

<sup>21</sup> WiFi 相关资料请参见：  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>（英文）

或者  
<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/Wi-Fi>（中文）



认知障碍、疾病急性发作、老年痴呆症)的病人、那些以前进行过特定手术(如:植入过复杂医疗器械(如:心脏起搏器和支架)、进行过关节置换或者器官移植)的病人、以及失去自主知觉而不能在手术室中与医护人员交流自己情况的病人,这些健康记录将帮助医护人员更好的完成他们的工作。

Edible, biodegradable chips could be introduced into the body and used for guided action. Paraplegic persons could have muscular stimuli delivered via an implanted “smart thing” controlled electrical simulation system in order to restore movement functions.

最后,随着可以食用和可以生物降解的芯片被越来越多的应用到人体内部,未来的物联网将通过它们帮助和引导病人完成各种治疗行为和治疗活动。例如,通过将这些“具有智慧的物品”植入到半身瘫痪的患者体内,它们将可以自主地建立起一套电子仿真系统,并且通过这个系统释放各种肌肉刺激信号,帮助患者自主修复业已丧失的各种行为能力。

Things are more and more integrated within the human body. It is expected that body area networks can be formed and that they will communicate with treating physicians, emergency services, and humans caring elderly people. An example showing the current state is the completely automated internal Cardioverter-Defibrillator, which is built into the human heart, can autonomously decide on when to administer shocks to defibrillate, and is fully networked such that a MD can follow up on his patient.

通过上面的介绍,我们可以发现,在未来的物联网环境中,通过将各种物品不断的整合进人类的身体,我们将可以在人体内部和周围建立起一定区域的网络环境。同时这种人体网络环境将可以与各种其他网络进行通信与连接,帮助人们同自己的主治医生、急诊服务以及那些负责照料自己生活的人员(特别是照顾老年人的人员)进行及时的联系;协助整个医疗系统的各种参与者(如:医生、护理人员 and 医疗资源)随时随地的了解他们的病人的情况,及时果断地采取各种处理措施。举个例子,就拿现在来说,有一些被植入的心脏起搏器和心脏除颤器,就已经具有根据情况自主判断什么时候帮助心脏搏动以及什么时候减少心脏搏动(除纤颤)的能力。而且这些植入设备也可以进行基本的联网操作,从而帮助医生了解关于患者的各种情况。



## 2.6 Independent Living (wellness, mobility, monitoring of an aging population)

### 人口管理和个人生活领域（人口健康、人口流动性、老龄化社会中的人口监控）

IoT applications and services will have an enormous impact on independent living and as support for an aging population by detecting the activities of daily living using wearable and ambient sensors, monitoring social interactions using wearable and ambient sensors, monitoring chronic disease using wearable vital signs sensors, and in body sensors.

在未来的世界中，植根于物联网之上的各种应用和服务必将为我们原有的社会生活和个人生活方式带来巨大的影响和改变。其中最为显著的将是物联网可以对一个日益老龄化的社会提供前所未有的支持与保障。想象一下，在未来物联网的世界中，我们将穿着具有环境感知和探测能力的服装，它们将帮助我们规划日常生活；我们将佩戴具有环境感知和探测能力的物品，它们将帮助我们管理社交活动；我们的服饰将具有如生命体征检测等各种传感探测能力，它们将帮助我们治疗和监控慢性疾病；更不用提那些存在于我们身体内部的各种传感探测设备了。可以预见未来的物联网将不但可以为我们的个人生活带来便利，而且将帮助社会为我们提供更加优质与贴心的服务。

With emergence of pattern detection and machine learning algorithms, the “things” in a patient’s environment would be able to watch out and care for the patient. Things can learn regular routines and raise alerts or send out notifications in anomaly situations. These services will be merged with the medical technology services, mentioned above.

值得一提的是，这个领域的应用将和其他应用领域有着很多交汇之处。举个例子，随着模式识别和机器学习等算法和技术的发展，病人周围环境中的各种“物品”必将具有照顾和看护病人生活的能力。这些物品将可以自主学习和发现各种常态模式，并且将可以在异常情况时主动发出警报或者寄送通知给与这个病人相关的各种人员。



这些都会要求将个人生活领域的应用和服务与上面提到的各种医疗领域的应用和服务整合到一起。

Attention should be given to the nature of the problem that needs to be solved. Not all human needs can be met with technology alone. Caring for elders is a social issue; hence the technology should foster a community response, such as facilitating communication between individuals, instead of attempting to attend to the issue with technology alone.

最后需要强调一点，这个领域的应用在其开展过程中都应该时刻探寻和关注需要解决的问题的根本点在什么地方，而不应该总考虑用各种各样的技术去解决问题。毕竟并不是所有人都愿意单独跟技术打交道。例如，在老龄化社会中照顾老年人就是一个社会问题，而不是一个技术问题。为了解决它，技术应该尽可能做到促进整个社会的各种响应能力，比如加强人与人之间的沟通和交流等。而不应该仅从技术的角度出发，让老年人面对一堆冷冰冰的机器设备，变得更加的孤独与无助。

## 2.7 Pharmaceutical

### 制药业

For pharmaceutical products, security and safety is of utmost importance to prevent compromising the health of patients. Attaching smart labels to drugs, tracking them through the supply chain and monitoring their status with sensors has many benefits: Items requiring specific storage conditions, e.g. maintenance of a cool chain, can be continuously monitored and discarded if conditions were violated during transport. Drug tracking and e-pedigrees allow for the detection of counterfeit products and keeping the supply chain free of fraudsters. Counterfeiting is a common practise in this area as illustrated by [20], and affects mostly developing countries.

对于制药业来说，药品生产和运输环节的保密性和安全性将是保障服用它们的患者的健康的关键性问题。通过在药品上附加智能标签，通过在供应链中监控药品的运输环节以及通过在各个环节中的各种传感探测设备随时获取药品的状态参数，将为我们解决上述问题提供必要的条件。比如：我们可以有效监控那些需要特殊储存和运输条件（如，需要冷链运输和储存）的药品，对它们进行持续的、全流程跟踪和监控；在这些药品所需的运输环境遭到破坏时进行及时



的处理。另一方面，通过对药品的追踪以及药品的电子族谱<sup>22</sup>（e-pedigrees），将可以有效的帮助甄别假冒产品，防止药品供应链条中的各种欺诈行为。正如参考文献[20]中说的那样，药品的假冒现象将是这一领域所必需面对的一个全球性挑战，特别是在广大发展中国家这一挑战将更加严峻。

The smart labels on the drugs can also directly benefit patients, e.g. by storing the package insert, informing consumers of dosages and expiration date, and being assured of the authenticity of the medication. In conjunction with a smart medicine cabinet, that reads information transmitted by the drug labels, patients can be reminded to take their medicine at appropriate intervals and patient compliance can be monitored.

同时，药品上的智能标签还将可以使病人直接受益。例如：通过标签中存储的数据，药品可以告诉消费者所需服用的必要剂量、保质期以及真实可靠的药物治疗使用说明书等。这时，如果再同时使用一个具有智能的药物箱，它将可以随时读取来自药品标签上的信息，在恰当的时间间隔提醒患者服药，并且监督病人是否认真遵守医生的建议。

## 2.8 Retail, Logistics, Supply Chain Management

### 零售、物流与供应链管理领域

Implementing the Internet of Things in Retail/Supply Chain Management has many advantages: With RFID-equipped items and smart shelves that track the present items in real time, a retailer can optimize many applications [2], like automatically checking of goods receipt, real time monitoring of stocks, tracking out-of-stocks or the detection of shoplifting.

---

<sup>22</sup>电子族谱（e-pedigrees）是美国食品药品监督管理局（FDA）2006年公布的一项药品管理政策。相关资料请参考：

<http://en.wikipedia.org/wiki/Epedigree>（英文）

或者

<http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/2006/ucm108668.htm>（英文）

或者

<http://www.epcglobalinc.org/standards/pedigree>（英文）



在零售与供应链管理领域中开展基于物联网的应用将给这两个行业带来切实的好处：对于零售商来说，将物流单元（零售、物流、供应链管理领域中的物品）与 RFID 标签进行绑定，并且使用可以实时跟踪这些物流单元的智能货架，可以帮助他们优化很多环节和流程 [2]。比如，可以自动化地检查商品单据、实时地监控库存情况、及时地发现缺货情况或者是防止店内盗窃行为的发生等。

The savings potential in a retail store is large. For example, sales losses that occur when shelves go empty are estimated to be of sales worldwide [3]. Furthermore, the data from the retail store can be used to optimize the logistics of the whole supply chain: If manufacturers know the stock and sales data from retailers, they can produce and ship the right amount of products, thus avoiding over-production and under-production.

这样做必将极大地优化零售行业的成本投入和利润收益。零售商店可以节省的潜在开支是很大的。有研究表明，全球范围内的零售商店因为货架空置而给销售带来的损失大约是 3.9 个百分点 [3]。所以上面的应用将首先可以解决这个问题。同时，零售商店自身的数据也是可以帮助和改善整个供应链中的物流环节的：如果制造商可以准确地知道零售商那里的库存和销售情况，就可以根据这些数据安排自身的生产，尽可能有效的避免产量过剩或是产量过低现象的发生。

The logistic processes from supply chains in many industry sectors can profit from exchanging RFID data, not only those in the retail sector. Moreover, environmental issues can be better tackled, e.g. the carbon footprint of logistics - and supply chains more generally - processes can be optimized based on the availability of dynamic, fine-grained data, collected in the real world directly by (or also retrieved with the help of) some of the “things” (such as trucks, pallets, individual product items, etc., depending on the case).

另一方面，进行 RFID 数据交换也不仅仅是让零售业获利的事情，很多其他行业供应链的物流环节也将从中获益匪浅。此外，这样的做法还会更好的帮助我们解决环境问题。就拿物流来举例好了，可能这里说供应链更加合适，通过直接的或者间接的从各种“物品”（可能是卡车、托盘、单品货物单元等，视具体实际情况而定）获得物质世界中的各种动态的、细粒度化的数据与信息，我们将可以跟踪事物的碳足迹，优化碳消耗和碳排放水平，尽量减少对环境的污染。

In the shop itself, IoT offers many applications like guidance in the shop according to a preselected shopping list, fast payment solutions like automatically check-out using biometrics, detection of potential allergen in a given product, personalized marketing if accepted,



verification of the cool chain, etc. Commercial buildings will of course benefit from smart building functionalities as described above.

最后，在传统的商店内，基于物联网的各种应用也将会帮助我们更好的照顾我们的顾客，改善他们的购物体验。比如，可以根据顾客预先选定的购物清单指导其店内购物行为（对家庭主妇和没时间购物的上班族尤为适合），可以通过识别像生物特征等的各种可识别特征提供快速便捷的支付解决方案，还可以提供针对各种商品的潜在过敏性检查，更不用说像个性化的营销和冷链检查等这些已经在实践的应用了。值得一提的是，通过引入像上面智能建筑领域的各种应用，商业建筑也将变得更加的智能、功能更加的强大。

## 2.9 Manufacturing, Product Lifecycle Management (from cradle to grave)

### 制造业和产品生命周期管理领域

By linking items with information technology, either through embedded smart devices or through the use of unique identifiers and data carriers that can interact with an intelligent supporting network infrastructure and information systems, production processes can be optimized and the entire lifecycle of objects, from production to disposal can be monitored. By tagging items and containers, greater transparency can be gained about the status of the shop floor, the location and disposition of lots and the status of production machines. The fine grained information serves as input data for refined production schedules and improved logistics. Self-organizing and intelligent manufacturing solutions can be designed around identifiable items.

未来的物联网将可以使得物品和应用技术相互连接起来（这里既可以采用智能的嵌入式设备，也可以采用唯一标识以及数据载体技术，等）。通过这些连接了应用技术的物品与未来的智能基础网络和应用信息系统的交互行为，将可以让我们更好的管理商品的生产过程乃至商品的整个生命周期（从商品被生产出来到它们最终被处理）。比如，通过向物品和承载它们的容器添加标签，可以使商品的生产过程更加的透明。我们将可以随时了解像车间状况、各种物品的位置、它们正在经历的处理步骤以及生产设施的各种情况等信息和数据。并且通过将比现在更加细粒度化的数据作用到系统之中，我们将可以改进生产计划、优化物流流程。甚至我们可以围绕着这些可以被标识的物品设计和建造出全新的、智能的、具有自组织功能的制造解决方案。



As an object and the attached information processing component may be inseparable, from production to the end of the lifecycle, the history of an item and its current status can be continuously monitored and stored on the tag or in the information system. The data reflects a product's usage history which includes valuable information for product design, marketing and the design of product related services, as well as end-of-life decision-making for safe and environmentally-friendly recycling, re-manufacture or disposal of the product.

在未来的物联网中，对象（物品）以及它们附属的信息处理组件可能是不分家的。从物品被生产出来直至它的生命周期结束为止，一个物品的历史记录和当前状态都将可以被持续的存储在标签或者是应用系统之内，并可以被实时的获取和监控。这些数据将可以反映这个物品全部的信息。这里既可能是产品的设计信息，市场营销情况又或是附带的服务功能，也可以是在它生命周期末端我们如何对它进行安全的、环境友好的回收再利用以及其他的各种处置措施等。

## 2.10 Processing industries - Oil and Gas

### 石油和天然气领域

The Oil and Gas industry is using scalable architectures that consider possibilities for plug-and-play new ID methods combined with sensing/actuating integrated with Internet of Things infrastructure and integrate the wireless monitoring of petroleum personnel in critical situations (onshore/offshore), container tracking, tracking of drill string components pipes, monitoring and managing of fixed equipment.

考虑到未来的物联网将可能添加多种新的识别和标识方法，我们应该在石油和天然气领域建立起一套可扩展的工业应用体系架构。通过这样的架构，我们应该可以做到既整合物联网基础设施，又让它具有迅速的感知和反应能力，可以在危急情形发生的情况下对人员进行无线追踪，对集装箱和储运设备进行定位、对钻杆部件和各种管道进行跟踪，对固定的石油和天然气设施进行管理和监控。

A review of high-cost chemical/petrochemical accidents in the UK [4] observed common features in these disasters, such as lack of understanding as well as poor management of storage, process, and chemical segregation. The Internet of Things could help to reduce accidents in the oil and gas industry. For example, containers with hazardous goods can be made intelligent by equipping them with wireless sensor nodes.

回顾那些在英国发生的化工和石油工业事故，无不花费了大量的处理成本。但是，我们可以发现这些灾难性的事故往往具有一些共同的特征，比如人员缺乏专业训练，仓储、加工和化学物质隔离措施的管理方式落后等。而物联网技术将从这些方面帮助整个领域减少和避免事故的发生。例如，装载有危险货物的集装箱就可以通过装配无线传感节点来进行智能化的追踪和监控，以改善整体的管理流程。

A possible scenario is that these nodes periodically send information messages about the chemical that is inside the container they are attached to as well as the maximum storage limit of this chemical in the current location. As the nodes have access to a list of incompatible chemicals, they can send out alert messages as soon as they receive an information message from another node that is attached to a container with an incompatible chemical. These alert messages can be then forwarded to a back-end system that, for example, informs the plant manager about the critical situation.

所以，在未来我们将可能看到这样一种景象：存储有化学品的集装箱将会定期的向外发送它里面各种化学品的信息，存储有化学品的地点和仓库也将会把自己能存储的各种化学品的最大储量等数据反应出来。这样一旦有哪个传感节点发现不能进行存储或者存在风险，就会立刻发出警告，并且将通知各种后台系统以及向管理人员报告可能发生的危险状况，便于我们及时进行处理和处置。

## 2.11 Safety, Security and Privacy

### 安全、机密和隐私领域

Wireless identifiable devices are used in different areas to increase safety and security. Some of these are:

现在，很多领域都在采用无线的可标识的设备来提高其安全性和保密性。比如：

- Environment surveillance: earth quakes, tsunami, forest fires, floods, pollution (water and air).  
环境监控领域：如地震、海啸、森林火灾、洪水、污染（水污染和空气污染）等灾害的监控。
- Building monitoring: water leaks, gases, vibrations, fire, unauthorised entry, vandalism.



建筑监控领域：如水和煤气泄露、建筑减震、火灾、非法入侵和破坏行为等的监控。

- Personnel: mugging alarm, equipment surveillance, payment systems, identity security  
行政管理领域：如报警系统、资产和器材监管、工资系统、身份识别等。

When using wireless identifiable smart devices, opportunities and threats could arise from the proliferation of data, the sharing of the data, and from the possibility of snooping via radio. Deciding a common strategy and a policy for future Internet of Things is a priority for the European Commission, which considers that each datum itself in its integral parts is not a threat but this could become a threat when associations are built via accessed databases such that sensitive relationships are revealed or discovered, resulting in damage or potential for damage.

但是我们需要注意的是当使用这些可以无线标识的智能设备时，由于数据是分散的并且是可以被共享的，那么像无线电窃听等一系列入侵手段就是我们必须要面对的问题。也就是说“机遇同挑战共存”。在未来物联网的建设过程中，如何确立起一整套普遍的策略和政策来应对这一现象，就将是欧盟需要重点考虑和优先解决的关键问题。我们需要意识到，单个的数据未必会对安全性带来多大的威胁，但是当它们通过数据库被联合起来以后，某些敏感的信息和关键关系就会被暴露出来或是被轻易的发现，这将导致机密泄露，从而对整个物联网的安全性造成危害或者造成潜在的威胁。

The privacy of citizens has always been in sharp contrast with making humans traceable by tagging them. Despite this, we see some tendencies coming up, where people allow themselves to be tagged with implantable RFID tags in order to distinguish themselves from the crowd, such as illustrated by a implant for VIP customers of the Baja Beach Club in Barcelona. On the other side of the spectrum, we acknowledge that there exist valid usability reasons to implant such a chip, e.g., for chips that can determine the blood sugar level (diabetics), or internal cardioverter-defibrillators for certain patients, curfewed offenders, etc.

另外，公民的隐私和通过标识对他们进行追踪就总是一对鲜明的矛盾。尽管如此，我们仍然看到现在越来越多的人愿意被植入 RFID 标签，从而来表现他们的与众不同。比如，我们可以通过这样做来表明自己是巴塞罗那著名的餐厅——Baja Beach Club——的 VIP 顾客。同时，社会大众也逐渐了解到植入这种芯片的必要性。比如，那些可以为糖尿病病人监控血糖含量的芯片、那些为心脏病患者植入的



心脏起搏器和心脏除颤器中的芯片，以及那些为了防止被监禁的罪犯逃跑而为他们植入的芯片等。

Another issue is the ‘things’ that a government imposes on its citizens to give them access to certain facilities, such as healthcare insurance (wireless medi-cards), the ability to travel (passports with built-in chips) or identification (eID cards or eID/RFID implants). For each of these technologies, the privacy and security impact should be evaluated. On a consumer level, it remains to be investigated how much information can be extracted from consumer electronics with sensors, and to which extent this can be regulated by law. In any case, there’s an enormous potential for enhancing the user experience, based on the ‘things’ in his possession/surrounding.

这里还需要指出的是，还有一类可无线标识的“物品”是政府用来赋予其公民某种权力的设备。比如：无线医疗卡将表示你享有医疗保险的权力，内置芯片的护照将代表你具有旅行（特别是跨国旅行）的权力，身份证件和可标识身份的植入物将使你具有可以确认自身身份的权力。当然我们也需要考虑上面每一项技术会对安全性和隐私性所带来的影响。到今天为止，到底有多少信息是用户愿意公开的，到底有多少信息是应该被传感和探测设备获知的，以及这种行为到底可以被法律规范到什么程度，都还处于调查与研究阶段。但是，不论最终情况如何，我们都可以预言未来的物联网将为我们的公民提供前所未有的关于他们自身财产和周围环境的全新体验。

## 2.12 Environment Monitoring

### 环境监测领域

Wireless identifiable devices and the utilization of IoT technologies in green related applications and environmental conservation are one of the most promising market segments in the future, and there will be an increased usage of wireless identifiable devices in environmentally friendly programmes worldwide.

未来，无线可识别设备和其他一些基于物联网的技术将为绿色环保领域的应用提供巨大的发展空间。特别是随着全世界范围内的各种环境保护计划的兴起与实施，无线可识别设备等一系列物联网相关



技术将得到越来越多的普及和应用。

Standardisation efforts for RFID and WSNs are considering data rates of up to 1Mb/s, heterogeneous sensor integration and different frequencies. This will open up new applications with positive impacts on society, such as remote data monitoring in disaster scenarios, ubiquitous connectivity for health monitors in body area networks, and wireless broadband for rural areas. Secure communications are also a concern of end users. In the meantime, operators are looking beyond the capital expenditure costs of running RFID networks to minimising operational costs such as power consumption and site costs (installation, integration, maintenance).

今天，在标准化方面，我们正在开展RFID和无线传感网络（WSNs）<sup>23</sup>等方面的相关标准化工作，特别是针对其中诸如传输速率（怎样实现不低于 1Mb/s）、不同传感器和探测设备如何进行整合以及频段分布等问题的研究正在进展当中。随着这些研究的深入，随着标准化工作的进展，必然会给这一领域开辟和引入很多新的应用类型，比如灾难现场的远程监控、人的健康检测、野外无线宽带覆盖等。这些新的应用将对我们社会的发展起到积极的作用。同时，在开展这一领域的应用时，我们还要一方面帮助最终用户考虑他们关心的通信安全问题，另一方面帮助经营者设法把他们基于RFID网络等相关物联网技术的应用成本减少到尽可能低的程度（特别是需要考虑到电力和能源消耗以及现场成本（包含安装成本、集成成本和维护成本）等方面的问题）。

## 2.13 People and Goods Transportation

### 人口与货物流通领域

The IoT offers solutions for fare collection and toll systems, screening passengers and bags boarding commercial carriers as well as the goods moved by the international cargo system that support the aim of governments and the transportation industry, to meet the increasing demand for security in the world.

未来的物联网（IoT）将为像收费系统、旅客监控、行李搬运、国际

<sup>23</sup> WSNs: 无线传感网络。相关资料请参考：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless\\_sensor\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network)（英文）

或者

<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E4%BC%A0%E6%84%9F%E5%99%A8%E7%BD%91%E7%BB%9C>（中文）



货运系统中的货物运输等人口与货物流通领域的应用提供完善的解决方案。而且这些解决方案将帮助我们，从很大程度上，满足全世界范围内的各国政府以及运输行业日益增长的关于安全和隐私领域的需求。

Every day millions of people move using air, sea and ground transportation systems, taking millions of bags with them. Global trade transports huge quantities of goods through our seaports, airports and railroad stations

每天，在世界范围内，都有数以百万计以上的人带着无数的行李和随身物品通过海陆空等各种运输系统进行旅行；同时全球贸易也使得大量的货物通过各种储运途径进行运输。

Monitoring traffic jams through cell phones of users and using intelligent transport systems (ITS) will improve and make the transportation of goods and people more efficient. Transportation companies would become more efficient in packing containers when those containers can self scan and weigh themselves. This would reduce resource consumption by optimizing the flow of goods in transport.

如果这时我们可以通过像手机和智能交通系统这样的应用对交通和运输状况进行监控，必将大大提高客运和货运的效率。就拿集装箱运输来说，在集装箱装载货物时，就可以自动进行检测和称重，从而大幅度提高运输公司的效率。

Applying IoT technologies for managing passenger luggage in airport and airline operations enables automated tracking and sorting, increases per-bag read rates, and increases security.

在航空运输方面，通过基于物联网技术的应用管理旅客的行李，对它们进行自动的跟踪和分类，不但能够提高读取和通关速率，而且还能大幅提高安保的水平与质量。

## 2.14 Food traceability

### 食品安全追溯领域

This means tracing food or ingredients across the partially or entirely reconstructed supply chain, so that recalls can be issued when quality problems arise. In Europe, food traceability is enforced through EU regulation 178/2002, and in the U.S. it is enforced by the Food and Drug Administration (FDA). Furthermore, efficient food traceability can save lives: In the U.S. for instance, food-borne pathogens are estimated to



cause 76 million illnesses and 5,000 deaths each year [5] and societal costs are estimated between \$2.9 and \$6.7 billion per year [6].

随着物联网的发展和應用，我們將對跟踪食品和中成份的供應鏈體系進行部分或是整體地調整以及重新的構建，以解決在食品出現質量問題和其他安全隱患時如何及時發出警告並進行召回等相關的問題。早在 2002 年，歐盟就已經通過第 178/2002 號法案<sup>24</sup>來對食品進行強制的安全追溯。美國食品與藥品管理局（FDA）<sup>25</sup>也已經開始執行這一強制措施。這些措施，特別是高效的食品安全追溯將可以幫助我們拯救我們公民的生命：有研究表明，僅在美國，像食源性致病菌這樣的食品安全問題每年就會造成大約 76 萬人生病並且奪走 5000 左右的生命[5]，更不用說相關的社会成本高达 29 到 67 億美元了[6]。

The Internet of Things can aid implementing food traceability, e.g., if RFID is attached to items (item-level tagging) then tracing information can be stored and updated on the items itself. However, producers have concerns about their industrial privacy when using RFID, since competitors could use the information on the RFID tag to gain insight into the supply chain. Therefore, appropriate security methods have to be implemented. An example of such a method is given in [7].

物联网技术和应用将帮助我们真正意义上实现高效的食品安全追溯，这是不用置疑的。比如，我们可以把 RFID 标签附加到食品上（特别是在单品级别），这样食品的相关跟踪信息就可以在自身内进行自动的存储和更新，从而帮助我们进行跟踪和安全追溯。但是，需要注意生产者可能会对使用这些物联网技术和应用心存顾虑。因为 RFID 标签中存储的可能是他们的商业秘密，一旦泄露将使他们的竞争对手可以通过这些标签上的信息获取生产商供应链的机密信息，对他们构成威胁。所以我们有必要对这些技术和应用采取必要的、适当的安全防范措施（参考文献[7]给出了一种可行的方案）。

## 2.15 Agriculture and Breeding

### 农业与畜牧业

The regulations for traceability of agricultural animals and their

---

<sup>24</sup> 相关资料请参看：

[http://eur-lex.europa.eu/pri/en/oj/dat/2002/l\\_031/l\\_03120020201en00010024.pdf](http://eur-lex.europa.eu/pri/en/oj/dat/2002/l_031/l_03120020201en00010024.pdf)  
(英文)

<sup>25</sup> 相关资料请参看：

<http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/default.htm> (英文)



movements require the use of technologies like IoT, making possible the real time detection of animals, for example during outbreaks of contagious disease. Moreover, in many cases, countries give subsidies depending on the number of animals in a herd and other requirements, to farms with cattle, sheep, and goats. As the determination of the number is difficult, there is always the possibility of fraud. Good identification systems can help minimize this fraud. Therefore, with the application of identification systems, animal diseases can be controlled, surveyed, and prevented. Official identification of animals in national, intra community, and international commerce is already in place, while at the same time, identification of livestock that are vaccinated or tested under official disease control or eradication is also possible. Blood and tissue specimens can be accurately identified, and the health status of herds, regions, and countries can be certified by using IoT.

在畜牧业中，物联网技术将能够帮助我们对家畜的活动进行跟踪和管理，可以实时地对牲畜进行监控，比如在爆发瘟疫等的时候。我们的政府更可以进一步根据现有的牛羊群体规模来确定供给，使市场的供求达到合理的平衡水平。利用物联网技术中的智能识别系统将能够帮助畜牧业降低其规模确定过程中的误差。这些识别系统的应用还将有利于我们对牲畜疾病进行监控、调查，方便我们采取必要的保护措施。通过采用物联网技术，国家、地区、共同体乃至世界范围内商务领域中的牲畜官方鉴定技术将变得更加的成熟。同时，从疾病控制方面来讲，物联网技术将帮助我们根据官方的疾病控制数据和保护措施，对牲畜进行必要的预防接种和检测识别。并且通过物联网技术，我们将可以根据牲畜的血液和组织样本精确的识别与鉴定出其产地以及健康状况等相关信息。

With the Internet of Things, single farmers may be able to deliver the crops directly to the consumers not only in a small region like in direct marketing or shops but in a wider area. This will change the whole supply chain which is mainly in the hand of large companies, now, but can change to a more direct, shorter chain between producers and consumers.

利用物联网技术，无论是小范围的集贸市场，还是大范围的地区或是国际市场，农民都将可以直接把农产品送到消费者手中。这将改变目前农产品供应链基本由几家国际大企业掌控的现状，缩短生产者与消费者之间的距离，使商品的供应更加的直接与便利。



## 2.16 Media, entertainment and Ticketing

### 媒体、娱乐和票务领域

Ad-hoc news gathering using the IoT, based on location. In a future scenario, it can be envisaged that news gathering could happen by querying the internet of things, to see which multi-media-capable devices are present at a certain location, and sending them a (financial) offer to collect multimedia footage about a certain event. Near field communication tags can be attached to posters and provide more information by connecting the reader to an URI address, which provides more information related to the poster.

基于物联网技术，特别是位置服务技术，我们将建立起一整套具有自组织和自配置功能的特设新闻收集和发布系统。在不远的将来，我们将通过访问物联网来实现新闻的收集和派发。在物联网的环境中，我们将可以定位——在某个确定的位置——当前有哪些多媒体设备是可用的，并且针对其发送一条关于特定事件的多媒体片段收集请求（当然这里不一定是免费的）。而且通过将 NFC（近距离通信）标签附着到海报等宣传品上，通过里面存储的详细信息和互联网地址（URI 地址）可以为读者提供全方位的阅读与服务体验。

## 2.17 Insurance

### 保险领域

Often the introduction of IoT technology is perceived as a grave invasion of privacy. However, sometimes people are willing to trade privacy for a better service or a monetary benefit. One example is car insurance. If insurance clients are willing to accept electronic recorders in their car, which are able to record acceleration, speed, and other parameters, and communicate this information to their insurer, they are likely to get a cheaper rate or premium [8]. The insurer can save costs by being involved very early when an accident happens and can trigger the most economic actions. A part of the savings can be given to the customers through discounts on insurance premiums.

物联网一直被很多人普遍认为是对个人隐私的一种严重威胁。但事实上，人们有时候也希望利用自己的隐私来换取更好的服务或者实际的利益。比如，在做汽车保险时，为了获得保险费的优惠，顾客



往往会很乐意答应在他们的汽车里安装电子记录器来测量和记录马达转速、车辆速度以及其它相关数据，并将这些数据提供给他们  
的保险公司[8]。这样在发生事故时，保险公司就能够及早介入并采取  
较为经济的措施来降低相关的费用。而保险公司节省下来的费用正  
好可以通过保险费打折的方式返还给客户。

The same applies for other assets such as buildings, machinery, etc. that are equipped with IoT technology. In these cases the technology mostly helps to prevent maintenance or allows for much cheaper predictive maintenance before an incident occurs.

类似的，物联网技术还可以被应用到建筑物以及机械设备等资产的管理中。在这些应用中，物联网技术将帮助业主制定既有效又尽量便宜的维护和维修方案，最大限度的避免事故的发生。

## 2.18 Recycling

### 环保和回收领域

IoT and wireless technologies can be used to advance the efficiency and effectiveness of numerous important city and national environmental programmes, including the monitoring of vehicle emissions to help supervise air quality, the collection of recyclable materials, the reuse of packaging resources and electronic parts, and the disposal of electronic waste (RFID used to identify electronic subcomponents of PCs, mobile phones, and other consumer electronics products to increase the reuse of these parts and reduce e-waste). RFID continues to provide greater visibility into the supply chain by helping companies more efficiently track and manage inventories, thereby reducing unnecessary transportation requirements and fuel usage.

物联网技术和无线技术将在许多大城市、国家和国际的环境保护项目中大显身手。这些项目包括车辆尾气检测、可回收材料的收集、包装材料和电子元件的重复利用、电子废弃物的处置等。就拿电子废弃物的处置来说好了，安装在个人计算机部件、手机及其他电子产品上的 RFID 标签就可以一方面提高这些部件的重复利用效率，另一方面降低电子产品被废弃的比率。在供应链中，RFID 技术还能够帮助提高货物的跟踪和管理水平，使供应链变得更加的透明，从而减少不必要的运输行为，节省燃料的使用，降低碳排放水平，保护我们的环境。



# Chapter 3 Technologies supporting the Internet of Things vision

## 第三章 支撑物联网发展的关键技术

As the technology advances, communication and processing capabilities are becoming more and more accessible and versatile; the opportunity for even tighter interconnectivity is fuelling the desire to make use of these possibilities.

随着科技的发展，在不远的将来，具有通信能力和处理能力的物品将更加的普及，物品的通信和处理能力也将得到更加广泛的加强与提升。而且这种能力的提升将不仅仅局限在性能领域，而是向着多种功能、多种用途的方向来发展。所以我们可以断言，未来的世界将向着物品更加紧密、更加便捷的互通互联而演化。

In this context, this Section will present the technology areas enabling the Internet of Things and will identify the research and development challenges and outline a roadmap for future research activities to provide practical and reliable solutions. This roadmap will form the basis for the research priorities presented in Chapter 4.

在上面所提到的这种技术发展背景下，本章将致力于罗列支撑物联网（IoT）发展的各种最为重要的关键技术，明确这些技术在研究过程中可能遇到的各种难点和关键问题，为这些技术未来的研究工作制定下一步的合理规划。通过各方专家的努力，我们相信，按照本文中提出的这些规划开展我们今后的研究工作，必将可以为物联网提供坚实的技术基础，并且为物联网的建设工作提供实用、可靠的解决方案，进而保障物联网可以在一个健康、合理、有序的环境下发展壮大。不过这里需要指出，本章所提到的各种规划还会在第 4 章中提及，以明确这些技术各项研究工作的先后顺序和优先程度。



## 3.1 Identification Technology

### 标识技术

The function of identification is to map a unique identifier or UID (globally unique or unique within a particular scope), to an entity so as to make it without ambiguity identifiable and retrievable. UIDs may be built as a single quantity or out of a collection of attributes such that the combination of their values is unique. In the vision of the Internet of Things, things have a digital identity (described by unique identifiers), are identified with a digital name and the relationships among things can be specified in the digital domain.

标识技术的主要研究内容是如何将物品（或者实体）进行唯一的表示。从现在的技术发展情况来看，标识技术主要的研究方向就是如何在物品和我们通常所说的唯一标识或者唯一编码（UID）之间建立起一一对应的关系（当然，这种唯一标识、唯一编码以及它们与物品的一一对应关系既可以是全局或者全球唯一的，也可以是在某一特定领域和范围内唯一的）。通过使用标识技术，我们就可以在各种环境和情况下对物品（或者实体）进行识别，或者将物品检索出来。从今天的研究成果来看，物品的唯一标识或者唯一编码（UID）既可以是一串数字或者字符，也可以是物品一系列属性的组合。当然，数字或字符组合的形式是我们最容易见到的，而采用属性组合的形式就要复杂一些。这是由于为了保障属性组合可以唯一的表示物品，我们首先要保证这种组合的唯一性，也就是在一定的范围或者一定的领域中不存在两个物品属性组合一样的可能性。虽然复杂性是存在的，但是在未来物联网中物品还是将全部拥有各自独特的数字化身份。而这种数字化身份，从相当一段时间来看，是通过采用唯一标识和唯一编码技术来实现的。而且也只有通过这样做，我们才可以从未来物联网的数字层面上明确所有物品的数字名称，解析物品和物品之间的相互关系，使得物联网在真正意义上实现连接一切物品这一目标。

A unique identifier for an object can translate to a single permanent assigned name for the life of an object. However, IoT will face the need to accommodate multiple identifiers per objects, as well as changes to those identifiers. For example, many objects will have a unique identifier assigned by their manufacturer. Some may also have network addresses (such as IPv6 addresses), as well as temporary local identifiers within transient ad-hoc clusters of objects. Objects may also have sensors and actuators physically attached to them, with each of these



sensors and actuators also being individually addressable; their identifiers may be constructed as extensions of the ID of the object or perhaps associated with the object's identifier via a lookup in a registry. Many objects may be composite objects or products that consist of replaceable parts that are exchanged during the usage phase or lifetime of the object. These parts may also have their own unique identifiers and it is important that the information models for the IoT allow changes of identifier, changes of configuration and associations between identifiers to be recorded and queried, both in terms of keeping track of changes to parent-child relationships as well as old-new relationships (e.g. where a new part is installed to replace an old part that is worn or faulty). Further examples of associations between identifiers include the breakdown of large quantities of bulk product (e.g. a specific batch of food product) into a number of individual products or packages for retail purposes, repackaging and re-labelling of products, aggregation of ingredients, components and parts to form composite products and assemblies or kits, such as medical kits.

下面让我们看看，物品在物联网中进行标识的各种可能情况。给一个对象赋以一个唯一标识就相当于为这个对象在它的生命周期之内指定了一个永久的名称或者身份。但是通过上面章节的讨论我们可以看出，在未来的物联网中一个物品将有可能存在多种标识或者标识发生变化的情况。这是如何发生的呢？举例来说，比如在今天的物联网建设过程中我们不难发现：很多的产品都包含一些由它们的生产商所指定的唯一标识或是唯一编码，这些标识共存在产品之中。很多物品自身就包含了网络地址（如 IPv6 地址），而另外一些物品则是通过临时组建的对象集合或者临时网络来获取本地的网络地址的。当然更不用说像那些自身就附着有传感设备、探测设备或驱动装置的物品了，这些附着的设备和装置本身就有可能可以被单独的进行寻址，它们的标识既可以成为物品本身标识的扩展组成部分，也可以在注册查询机制下与物品的标识相关联以方便检索和查询。进一步的还有很多的产品或者物品是复合型的，它们由许许多多可以更换的部件或者零件所组成。在这些产品或者物品的生命周期之内，它们的部件或者零件将很可能被更换或者替代（可能由于这些部件或者零件自身的生命周期限制，或者因为物品的用途变化等），也就意味着这些部件和零件的唯一标识将会从物品中消失或者被变更。所以未来物联网的信息模型必须可以支持、查询或者记录这种标识的变化，同时可以跟踪标识之间组合关系以及配置关系的变化情况，以便帮助物品最终形成一系列可以反映物品内部以及物品之间相关隶属关系和新旧替换关系的完整历史记录。这个历史记录将可以告诉我们什么地方的旧部件被新部件所替换，哪些坏零件被进行更换与修理等。这里还需要明确的是，标识组合的情况不一定仅仅发生在单个物品上，我们将大量的商品或者物品绑定在一起（比如，食



品的一个生产批次)时也会发生这种情形。在这种时候会发生以下的情况:为了满足零售的需要,被绑定在一起的物品可能被分解为单独的商品或者独立的包装,也可以使用这些物品形成新的产品、部件或者特定的销售组合(可以通过重新组装、重新组合或者配比其中的成分等形式,举个例子比如医药箱或者医药包就满足这样的要求),这就需要将它们的标识进行分解,或者进行重新包装、重新编码。

Combinations of things will create “family tree” identification schemes where parts and components that are incorporated within composite/complex products such as computers, vehicles, and buildings have many different components, each with their own unique ID and life history. This is also referred to as a serialised Bill of Materials. This is necessary in order to track sets of different objects (e.g. parents or children of the original object) and the framework for expressing data sharing rules needs to be able to support this.

通过上面的描述,可以发现通过组合物联网中的物品,物品的标识也将在其架构层面上呈现为树状的结构。物品中的各种零件和部件的标识将通过分级、分层的方式结合到物品的标识体系之中,正如这些零件和部件在物理上按照分级、分层的方式组合于物品之上一样。这样也就形成了我们通常意义上所说的复合型物品或者复杂型物品,比如计算机、汽车、建筑物还有房屋等等。它们由大量的零件、组件、子物品或者子模块组成,这些组成部分也都有与之对应的唯一标识以及自身活动的相关历史记录。这一整套庞大的标识体系和历史记录体系也就形成了我们所说的复合型物品的材料序列化清单。通过这个清单,我们将可以跟踪物品的各种变化情况,了解物品的组合关系(比如:原始物品的父级对象和子级对象都是谁,以及它们的变化情况),进而帮助我们在物联网中实现一整套可以互通互联的数据共享规则表达框架。

By assigning each thing participating in the Internet of Things a unique identity (UID) or potentially several unique identities, it is possible to refer to each thing as an individual, each having its own characteristics, life history and information trail, its own flow pattern through the real world and its own sequence of interactions with other things. It is important that such unique identifiers for things can be globally unique and can have significant consistency and longevity (ideally for the life of the thing), independent of the current location of the thing or the current network connectivity available to the thing, in order that it is possible to gather information about a thing even when that information is collected and owned by a number of different entities and fragmented across a large number of databases and information systems.



我们已经明确在未来的物联网中为参与其中的物品指定一个或者几个唯一标识（UID）是非常重要的。因为只有这样做，每一个物品才有可能被作为一个个独立个体来对待；也因为如此，物联网才能识别每一个物品的自身特性，记录每一个物品的行为记录，跟踪每一个物品发出或者接受的信息，明确每一个物品在现实世界中的各种流程模式，了解这些物品与其他物品之间的相互交互关系以及各种交互活动。所以总的来说，正因为有了唯一标识，现实世界中的物品才可能成为物联网中的物品，物联网才可能成为连接一切物品的网络。唯一标识的必要性我们已经谈了很多，下面让我们看看一种标识是如何成为物联网中的唯一标识的。在物联网中，物品的唯一标识可能有两种情形：全局唯一或者局部唯一。全局唯一是指这个标识在整个物联网的范围内或者在很大的范围和时间内具有显著的一致性（唯一存在）和稳定性（或者说长寿性，一直不变，理想情况下要在物品的生命周期内不变）。局部唯一是指物品的标识在它所处的现场位置或者现实网络环境中具有唯一性。不论是哪种唯一标识，未来的物联网都要求可以通过它们收集一个物品的各种方方面面的信息，即使这些信息可能来自许许多多不同的物品，或者这些信息是许许多多不同的物品所要求收集的，甚至这些信息是横贯大量数据库和信息系统的各种微小的碎片数据。只有做到这些，未来的物联网才能从真正意义上成为未来互联网（future internet）架构下的基础网络平台之一。

Many things can be considered to be (at least at the time of their creation) near-identical replicas of each other, perhaps belonging to the same product type and sharing a number of properties common to all instances within the same class of things. Often, a request or order for a particular thing might not always specify the exact unique ID that must be retrieved; instead the request can be satisfied by any thing that is a member of a particular class. It is therefore important that the Internet of Things can support unique identifiers in a way that it is also possible to refer to a particular class of things as well as individual things within that class, in order to be able to retrieve or refer to class-level information and services provided for the class of things as well as serial-level information and services provided for each individual thing.

在考虑对每一个物品进行唯一标识的同时，我们还需要注意下面这些问题：很多的物品都可以被认为是相同的或者几近相同的复制品（起码在它们刚被创建时）。比如，它们可能是同一种产品类型，或者它们的属性可能很多都是一样的。对于这样的相同类型的物品认为它们是一样的并没有什么错误。特别是，如果只考虑每个物品的唯一标识，那么对特定类型物品发送请求或者指令就必须进行大量的循环了。所以这时如果我们可以对某些特定分类的物品进行整体操作就非常有意义了。这将大大减少未来物联网环境中的运算量和



算法复杂程度。因此在物联网中我们还应该研究针对物品分类的各种唯一标识技术。通过这些唯一标识我们应该可以既引用一类物品也可以指定这类物品中的独立个体。这样做将使得我们不但可以引用类别物品的信息和服务，也可以遍历序列级别（单品级别）的物品信息以及服务。

It is also important that citizens, companies and other organisations can construct unique identifiers for things as easily, affordably and autonomously as they can create unique identifiers for web pages and other internet resources, while ensuring that no two entities can claim to be the authoritative creator of the same unique ID. In the existing Internet, this is typically achieved through hierarchical identifier structures, in which each tier of the hierarchy is only responsible for ensuring uniqueness among the members of the tier below. Familiar examples of such hierarchically structured identifiers include telephone numbers, URIs, Internet hostnames and sub domains, handles, digital object identifiers etc. It would be important to accommodate more than a single hierarchical name space; perhaps some classes of “things” would have their own namespace, such as the World Wide Web using the class “IN” [17] whose namespace is managed by ICANN. Other ways that a namespace can be described would be as a dominion or a realm.

在建设未来物联网中唯一标识体系的过程中，最为至关重要是，允许一般的公司、组织或者个人可以简单、方便、便宜、便捷的获取或者创建他们所需要的唯一标识（可以是通过网络页面或者是其他各种网络资源），同时保障这些标识对于任意两个独立的实体不存在重复的可能性。拿现在的互联网来说，这通常是通过分层的标识符结构来实现的。在分层的标识符结构中，每一层只保证下一层成员的标识符之间的唯一性。这种结构也常常被用在电话号码、统一资源标识符（URIs）、互联网主机名和子域名、句柄、数字对象标识符等情况下。通过采用这种分层的标识符结构，我们可以建立起若干分级别名称空间<sup>26</sup>，这样的话不但对于独立的物品可以拥有其所需的唯一标识，而且同一类别的物品也可以通过共享一个名称空间来加以区分。比如，如今的万维网的各种资源就是使用其类别名称空间“IN”[17]来标识的，并且由互联网名称与数字地址分配机构（ICANN）来管理的。

However, there can be good reasons why the Internet of Things should also support 'opaque' identifiers and pseudonyms, in which the internal structure of hierarchy is not readily apparent; this is particularly important when unauthorised parties are able to read the class information (e.g. product type or object type) and could jeopardise the

<sup>26</sup>在另外一些文献中名称空间也可能被表述成自治区域或者领域等。



privacy of a citizen or the safety and security of supply chains, subjecting them to discriminatory treatment or targeted attack, on the basis of what the identifier reveals about the things which are being worn, carried or transported. There could be an opaque identifier namespace that is not part of the hierarchical namespace structure and reveals absolutely no information about the object that it is identifying. For example, this could have applications in uniquely identifying the medication that a patient is carrying, especially when using wireless identification technologies that lack adequate privacy measures.

按道理物联网的各种唯一标识应该尽可能的精简以减少存储空间的占用，并且应该尽可能的公开以方便识别和引用。但是出于安全性和其他各种考虑，我们还是需要在标识中加入一定的冗余信息。比如，我们有理由要求未来的物联网支持那些不透明的或者不明确的标识以及假标识，允许标识的内部结构和层次结构不是那么显而易见的。这样的话，在未来的物联网信息公开的网络环境下——这时非授权的组织或个人都可能读取到物品的类别信息（如产品类型和对象类别）——物联网才有可能发现那些可能侵犯公众隐私或者危害供应链安全的行为，及时对它们进行隔离或者对意图破坏者发动指定目标的攻击。而这些都是通过基于标识所暗示的物品的承载物、附着物以及传输方式等隐含的信息来实现的。同时标识的名称空间也有可能是不明确的，并且不作为分层的名称空间结构中任一组成部分，这样就使得物品的标识可以对外绝不显示物品的任何信息。比如，在一些医疗应用中，患者所携带药品的唯一标识就应该是保密的，特别是在使用了无线标识技术这种缺乏安全性保护措施的情况下，这种标识的不透明性就非常有意义了。

We recognise that many industry sectors have already begun assigning unique identifiers to objects and that significant investment has been made in information systems and collection of information about various kinds of things, using those existing unique identifiers as keys to lookup and retrieve that information. Such established UIDs are difficult to displace and it is therefore critical for successful deployment that IoT technology can support such existing UIDs, using mapping processes where necessary.

在标识技术的研究过程中，我们的目标当然是建立一整套比较适合于未来物联网发展的标识体系。但是这并不意味着原有的标识需要推倒重来。我们需要清醒地认识到这样一些事实：现在许多的行业已经开始对各种对象分配适用于该行业的唯一标识。并且通过各行业及其企业的努力在现有的应用系统中采用唯一标识技术的比重已经逐步提升，并且已经成为现有应用系统的主要投资之一。这些唯一标识已经在帮助我们收集大量的物品或者物品类别的信息。所以在物联网的架构中采用这些业已存在的唯一标识作为查询和引用信



息的关键词，将对于物联网的建设和发展进程起到很大的推动作用。而且也没有必要替换这些唯一标识，因为这不但在成本上是极大的浪费，而且在技术上也将是极其困难的。所以，关键的问题就是要在部署物联网标识技术的过程中支持这些已经存在的唯一标识，尽量采用不做更改的形式，必要时才使用各种映射规则和标识映射流程来处理。

Furthermore, as indicated in ISO 15459, multiple established name issuing authorities exist and it is important that the Internet of Things recognises their legitimate but non-exclusive involvement in the construction of unique identifiers for things and in helping to manage delegation of uniqueness of the identifiers created by their members, each of whom is thereby granted the autonomy to create unique identifiers within their own namespace; it should also be possible for anyone to use Uniform Resource Identifiers (URI) as unique identifiers for things.

同时，就像 ISO 15459 所说的那样，现在的世界上已经存在了很多的进行名称发布的权威机构。物联网不应该忽视他们的存在。在物联网的标识体系的建立过程中，要承认这些机构的合法性，尽其所能的鼓励这些机构参与到构建物联网唯一标识体系的工作中来，赋予他们同等的地位。在必要时，帮助这些机构管理他们成员所创建的标识的唯一性，并且保证这些成员可以拥有在自己的名称空间内自主、自动、便捷的创造唯一标识的权利。此外，还需要使得物联网中的所有成员可以通过类似于统一资源标识符（URI）的形式使用这些唯一标识。

It is important to understand that identifiers can refer to names and addresses, but since there can be multiple addresses of information and services related to an individual thing, it is probably more helpful to ensure that each thing is given a unique name and to use lookup mechanisms and referral services to obtain addresses of information and services, including those provided authoritatively by the thing's creator and those contributed by others who have interacted with the thing at some time in its life. In the case of the existence of multiple identifiers for a single object due to different reasons a scheme for ID data translation and dynamic compatibility/interoperability check is necessary.

使用标识技术就是要理解唯一标识可以作为物品的名称或者地址来使用。而上面已经多次申明一个物品的相关信息和地址可能包含多种地址。所以比较简单的方式就是保证每个物品存在一个与它对应的唯一名称，然后通过查询机制和引用服务来获取其信息或者服务的地址。而这些地址既可以是由这个物品的创造者指定的，也可以



是在某个特定的时间与物品相交互的其他物品或者对象提供给它的。所以在单一物品可能存在多个标识的情况下，不论出于何种理由，物联网的标识技术都还需要花力气研究出并建立起一套可以进行标识数据转换以及动态的进行标识兼容性和互操作性检查的机制。

Furthermore, it is important that identifiers are not constrained by current choices of technology for storing and communicating unique identifiers or their current limitations, since we should expect that the data carrier technology will evolve over time and current limitations (such as those on memory capacity available for identifiers) will become more relaxed.

此外，在标识技术的整个研究过程中我们还应该注意不要受现有存储技术和通信技术等的影响和限制。因为我们完全可以预期未来的数据载体技术将随着时间的流逝而快速的发展。今天的很多选择将被更好的解决方案所替代，今天的很多限制（特别是对于可用的内存空间的限制）将会随着技术的发展而不复存在。所以我们需要用发展的眼光来看待物联网的标识技术，合理的预期和规划物联网中的标识技术和标识体系的研究和部署进程。

Today various unique identifier schemes exist and interoperability is required between applications using different schemes when those applications are operated in the Future Internet environment.

从标识技术的应用来看，今天，不但很多唯一标识架构业已存在，而且很多基于这些标识架构的应用也已经被普遍采用。所以在相当长的一段时间内这些应用还将会在未来的互联网（Future Internet）环境中被广泛接受。这也就要求我们的研究绝不能忽视它们的存在。

The traffic in the Internet of Things networks for queries about unique identifiers will be many times higher than that for DNS queries in the current Internet.

再从复杂性的角度来看，只考虑未来物联网中标识查询和搜索的数量与频率，物联网中的网络交通流量就可以被称之为海量的了。它将几倍、几十倍甚至几百倍于今天互联网中的 DNS 查询所产生的网络流量。所以如何减低复杂性、如何减少查询冗余、如何进行高速搜索也将成为了未来物联网标识技术的若干关键研究课题。

In this context the Internet of Things deployment will require the development of new technologies that need to address the global ID schemes, identity management, identity encoding/encryption, authentication and repository management using identification and addressing schemes and the creation of global directory lookup services and discovery services for Internet of Things applications with various unique identifier schemes.



综上所述，标识技术是未来物联网中的首要技术研究领域。我们切不可因为唯一标识看上去简单，而忽略它的重要性。要知道标识技术的研究、标识体系的建立是未来物联网发展、建设以及部署工作的首要前提，应该将它们最为我们研究工作的重中之重。从本节中我们可以发现物联网标识技术的研究内容将涵盖：部署全球统一标识架构、进行全球统一标识管理、标识编码技术研究、标识加密/解密技术研究、使用标识及其寻址架构的标识验证和存储管理技术研究、创建针对海量标识架构物联网应用的全球标识目录查询和发现服务等等。

## 3.2 Internet of Things Architecture Technology

### 物联网架构技术

In Service Oriented Architectures (SOA) it becomes imperative for the providers and requestors to communicate meaningfully with each other despite the heterogeneous nature of the underlying information structures, business artefacts, and other documents. This requirement is termed as semantic interoperability. Often technology is perceived to be the biggest impediment to effective collaboration and integration between requestors and providers; however it is usually the problem of semantic interoperability which is the root cause. Semantic interoperability can be achieved between heterogeneous information systems (service providers and service requestors) in a multitude of ways. On one extreme, development of comprehensive shared information models can facilitate semantic interoperability among the participant applications and businesses. However, the problem with this approach is its rigidity, which translates to inflexibility when it comes to business processes leveraging SOA. On the other extreme, semantic interoperability can be achieved by providing appropriate semantic mediators (translators) at each participant's end, to facilitate the conversion to the information format which the participant understands. Most often systems use a combination of context independent shared information models, coupled with context specific information specialization approaches to achieve semantic interoperability.

从物联网架构技术的主要研究问题来看：未来的物联网将是一个混杂有大量的底层信息系统、上层商业应用实例以及其他数据与信息的环境。在其面向服务的整体架构（SOA）之中，不论是对于服务的



提供者，还是对于服务的使用者，最为关键的问题就是如何在这样的混杂环境中实现相互之间有意义的通信。而且从现实情况来看，要实现这种对于服务提供者和服务使用者的整合，要实现他们之间相互的合作与通信的最大障碍将很大可能就是技术本身，是现在各种技术之间互操作问题的延续而已。从概念上，我们称可能造成上述这种现象的根本因为“语义互操作性”问题。所以，在未来物联网架构技术的研究过程中，语义互操作性的研究将是关键的技术研究内容之一。但是我们也需要注意到，从现实情况看，语义互操作性的研究，也就是如何实现在多重混杂信息系统之间（这些信息系统既可以是服务提供者的，也可以是服务使用者的）进行相互通信这一问题，并没有一个完整的通解，而是采用多种途径来实现的。一种极端情况是，我们可以建立起一整套全面的信息共享模型，而且要求各种参与物联网的应用与业务之间都要符合这个信息共享模型的要求。这样做当然可以以不变应万变，强制的保障语义互操作环境的形成。但是问题是这种做法使技术过于刚性，不利于在未来物联网面向服务的整体架构（SOA）中实现各种业务流程间灵活的转换，同时也不能完全满足于未来不断涌现的新的业务需求。在另一种极端情况下，语义互操作性可以通过在各种各样的参与物联网的对象、应用和业务之间各个终端位置上设置恰当的语义转换器或者语义转换接口来实现。这样做将既可以不要参与方根据共享模型改变他们自己的基础算法和业务逻辑，又保障了可以根据自己的理解来进行各种信息格式之间的转换与交流。但是这样的做法所要求的工作量和工程量将是巨大的。随着物联网的发展，单个系统和服务的工作任务就将成几何级数形式增长。所以我们应该断言，未来物联网语义互操作性的实现应该介于上述两种极端情况之间，而且要考虑到所处地点、所处时间、所处环境的具体需要，在这两种极端情况之间寻找一个合理的平衡点，既包含基于环境的独立信息共享模型，也采取特殊的语义转换手段来满足所处情景的个性化信息需求。

Scalability, modularity, extensibility and interoperability among heterogeneous things and their environments are key design requirements for the Internet of Things, in order to ensure an open playing field for solution providers and developers, while users also benefit from a competitive marketplace of solutions, from which applications can be assembled.

从未来物联网架构技术的设计目标来看：一方面，就其关键设计需求来说，物联网的架构技术应该可以实现海量的千差万别的物品（事物）之间以及物品与环境之间交互与应用的可伸缩性、可模块化能力、可扩展性和互操作性。另一方面，物联网的架构技术应该可以保障一个开放的具有竞争性的解决方案市场的形成。在这个开放的市场环境中，大量解决方案提供商和开发者将能够公平的开展竞争，



起码在不受技术限制的条件下向他们的用户提供各种各样的应用与服务。最后，物联网的架构技术还应该允许来自世界各地的客户充分享受这样一个饱含竞争性的解决方案市场所带来的各种便利与好处，同时允许他们可以就其需求进行应用与服务的自由组合与使用。

As things move and interact with their environment, events are automatically generated. These events can subsequently be enhanced with additional semantic information that expresses the context in which each event happened, to explain why something occurred, such as why a thing was observed at a location or how and why it interacted with another thing. There is considerable scope for further research and innovation regarding novel methods of automatically interpreting events, adding semantic annotation and even predicting what will happen next and what precautionary measures should be taken. Architecture standards for the IoT should support the unambiguous communication of events and additional semantic information, without prescribing the implementation details of how they are generated.

接下来让我们从现在已知的物联网架构技术的某些细节出发：第一，在未来的物联网中，物品将在它们所处的环境中运动，同时物品将与它们所处的环境进行交互并且发生相互作用。在这一过程中，物品与环境的事件将会自动地产生。这些事件在生成后将会逐步得到加强，而且将逐步获得各种各样附加的语义信息。而这些信息可能描述了事件发生的场景，也可能揭示了事件形成的原因（比如，物品为什么在一个地点可以被发现，或者为什么一个物品可以与其他物品交互，以及一个物品如何与其他物品进行相互作用等）。所有这些都为我们的研究工作，特别是为自动解释事件的各种新方法提供了广阔的研究和创新空间。随着研究的继续，我们既可以为物品附加新的语义标记，又可以对物品接下来将会发生什么或者应该采取何种措施等开展预测和准备。因而，未来物联网的架构技术，或者说未来物联网的架构标准，在事件这个问题上，不应该只局限在今天关于事件的操作细节和触发原因的研究上，而应该开阔思路，思考如何支持在各种事件以及附加语义信息之间进行清晰、意义明确的通信等问题。

The decentralised and heterogeneous nature of things and the entities with which they interact requires a scalable, flexible, open, layered, event-driven architecture of standards that minimises or eliminates any bias towards any single programming language, operating system, information transport mechanism or other technology and makes efficient use of available network connectivity and energy, where required.

第二，在未来的物联网中，物品和实体的各种各样分散以及不对称



的属性将会混杂在他们相互作用的过程之中。为了实现这些属性的整合，就要求未来物联网的架构技术，应该提供一整套可扩展、灵活、开放、层次清晰以及基于事件驱动的标准体系。通过这样一套标准体系，将可以最大限度的减少和消除任何的单一编程语言、操作系统、信息传输机制或者其他技术模式所带来的技术偏见和技术实现的不确定性与不对称性，而且可以在需要的时候充分利用现有的网络资源和能源供给促进物联网的建设与发展。

When architecting the Internet of Things, it is important to remember that many things will not have permanent network connectivity - indeed some things may have no intrinsic network connectivity, but rely on supporting intelligence in their local environment or in remote information systems. Things will therefore need the ability to communicate their location, state and requirements to information systems that have more permanent or more reliable network connectivity. Through such information systems, a digital counterpart of the thing can be monitored or even displayed in a virtual representation, such that remote authorized entities could query or update the state of an individual thing or influence its destiny. There is therefore a need for the IoT architecture to provide effective caching and synchronisation of information updates in both directions, to support things and application scenarios that lack reliable permanent network connectivity. For example, there may be environments (such as the interior of an aircraft cabin) where network connectivity is not available either because of non-availability, electromagnetic interference or concerns about potential disruption to other mission-critical or safety-critical systems, such as the flight control system and internal communications infrastructure of an aeroplane.

第三点，在构架物联网的过程中，重要的是要牢记，并不是所有的物品都具有永久的持续网络连接。很多物品自身并没有固有的网络连接功能，也不具备多少自身的处理能力，而是依赖于他们所处的本地环境或者远程的信息系统来获取“智慧”的。在这种情况下，物品需要有向信息系统汇报他们自身的位置、状态以及需求情况。这些应用系统往往会具有更加可靠的或者是永久持续的网络连接能力。通过这些系统，物品的数字化副本被表现为一个虚拟的对象。远程的已获得授权的物品将可以查询其属性，更新其状态，并且对其施加相应的影响或者操作。所以这要求未来物联网的架构技术需要提供高效的双向信息缓存和同步能力，以支持那些缺乏可靠连接的物品和应用场景。对于这种情况的一个比较容易理解的例子是这样一些地方，比如飞机的机舱内，那里的网络连接可能由于电磁干扰而不能使用，或者可能出于安全考虑而禁止网络连接的存在，特别是当这种连接可能会干扰某些关键任务系统和关键安全系统



（像飞行控制系统或者是机内通信设施）时。

Handheld devices might be used by maintenance mechanics and inspectors for retrieving lifecycle history information about an individual aircraft part, especially when it is mounted behind a panel or in an otherwise inaccessible plate. Handheld devices might also be used by cabin crew during aircraft turnaround operations, to rapidly check that all required safety equipment (life jackets, oxygen masks, fire extinguishers) are present and correct and not misplaced. In such scenarios, one can envisage pre-positioning onto the handheld device the information about the expected manifest of safety equipment or details about the complete maintenance history of each part known to be installed on that specific aircraft, such that the pre-cached information is immediately available at the time and place of interaction with the object. The memory of the handheld device can also be used to temporarily record any updates, such as modifications to the parts, symptoms observed, missing safety equipment, etc., so that those updates can be synchronised to the network as soon as the hand-held device returns within range of network connectivity, such as WiFi or a docking station.

上面的情况更为普遍的出现使用手持设备的情况下。比如，维修技术人员和维修现场监督将会使用手持设备检查一个飞机部件的完整生命周期内的历史信息。这里的网络连接就未必存在。特别是当检查那些放置在控制面板背后或者是无法触及的部件时，我们就更不能指望附近正好有一个在线的网络了。再比如万米高空上的飞机乘务员，在她们巡回服务的过程中，基本上没有网络的支持。这时她们手中的手持设备可能需要随时检查机舱内的各种安全设备（如：救生衣、氧气面罩、灭火器，等）是否配备齐全，是否状态正常或者有没有被放错了地方，以保障应对飞行过程中可能遇到的各种突发情况。在上述情景下，高效缓存的历史记录将是唯一的可用资源。通过将定位信息和历史记录缓存到手持设备上，我们将可以预先得到一份全面的安全设备存储清单（对于第二种情况）；或者是针对每一个飞机部件，即使是那些特殊飞机需要安装的部件，的完整维修记录列表（对于第一种情况）。这样，在任何的时间、任何的地点一旦需要与这些“物品”进行交互，这些清单和列表所预存的信息将马上被投入使用，为我们的接下来的操作提供便利条件。从另一个角度看，手持设备的内存不光可以被用来预先缓存信息，它还可以作为临时的更新记录来使用。比如，当有部件进行了调整，当观察到了新的现象，或者当发现了有丢失的安全设备等情况出现时，这些新产生的状况更新信息就可以被存储在手持设备的存储中。一旦这些设备返回到具有网络连接的范围（比如 WiFi 网络或者一个连接器上），设备内存中的更新信息就会马上同步到网络内，以便于整



个物联网及其应用可以随时对身处其中的物品进行数据更新和状态追溯。

The architecture for the IoT should support distributed ownership of data, in which entities (and things) can control which information to share with other things and entities. Subject to authorisation controls, the architecture should also support mechanisms for gathering fragments of distributed information from a variety of sources, even when those sources are not known a priori, in order to achieve comprehensive end-to-end traceability as far as is permitted.

第四点，未来物联网的架构技术的另一个主要研究内容将是分布式数据的所有权问题。也就是说，要让物品具有可以控制自身信息对于其它物品的共享权限和交互方式等能力。在授权控制这个话题，未来物联网的架构技术还应该提供一种机制，来支持从海量的数据源收集各种各样的分散信息片断。而且这种信息收集机制，应该保证不论数据源是预先知晓的还是没有先验信息的，都要能够实现对于分布式数据的授权范围内的全方位、端对端追踪与追溯能力。

In the context of SOA, many practical approaches to semantic interoperability have been proposed and used with different levels of success. We shall be concerned primarily with the following four practical approaches:

下面让我们把重点放回到语义互操作性上。首先，如果把未来物联网的面向服务的架构，按照业务模式，理解为纵横交错的领域与层次的话，那么垂直方向应该代表物联网的各种应用领域，而横向则表示着每个领域中的各种不同层次与级别。根据上面这种划分，针对物联网面向服务的架构（SOA）中的语义互操作问题，特别是各个垂直的领域，我们今天已经尝试并且发展出很多切实可行的研究方法和实践手段；并且通过使用这些方法和手段，已经在今天各种级别的应用中取得了不小的成功。下面四个现在饱受关注的研究领域就是这个方面比较典型的例子：

- Vertical domain centered business vocabularies, 以物联网垂直应用领域为中心的业务词汇表的制定。
- Horizontal Canonical Cross-Vertical frameworks like ebXML, UBL etc., 对于跨垂直领域的各种横向应用层次上的业务框架研究，比如 ebXML、UBL，等。
- Semantic Web based ontological frameworks, and 对于语义门户网络的语义本体框架的研究。以及



- **Semantic mediators.**  
对于语义转换器和语义转换接口的研究。

Each vertical domain of business applications has various types of peculiarities specific to the domain warranting the development of a specialized shared vocabulary of business processes and documents. At the same time, it is also observable that various types of business concepts and data types are common across multiple verticals necessitating the development of crossdomain vocabularies and processes so that they can be captured in a domain-independent manner. Common artefacts falling into this category are:

其次，通过研究，我们注意到：一方面，物联网的各个垂直的商业与业务应用领域都有特殊性。具体到每一个领域，都有可能、有必要发展起一套依托于领域的共享词汇机制和业务流程与业务文档模型。但是，从另外的角度，我们也容易发现大多数、很多类型的商务业务流程和商业数据类型是可以跨越多个垂直应用领域公用的。所以，为了使像这样的业务词汇和业务流程是可以适应于领域无关的情况和规则的，在未来物联网的架构技术研究过程中，我们也是有必要发展起跨领域的业务词汇和业务流程系统的，特别是像下面这些典型与领域无关的通用概念所显示的那样：

- **Business concepts, data and documents like purchase orders, shipping notices/dispatch advice, etc.**  
通用的业务概念、数据和文档格式，如采购订单、发货通知、调度指令等。
- **Process, workflow, choreography etc. including exception handling**  
通用的商务流程、工作步骤、业务规则以及异常处理方式等。
- **Contracts, trust, roles, permissions etc.**  
独立于领域的其它概念，如合同、信任机制、角色、权限等。

The third truly dynamic category of business processes in SOA fall under the dynamic category. Dynamic SOA based business processes operate on the “publish-find-bind” paradigm principle, where business processes may dynamically involve business partners and associated applications. The problem of semantic interoperability is far more acute in such dynamic situations involving service brokers, due to the lack of prior business relationships between the enterprises.

最后，在未来物联网面向服务的架构（SOA）中，还真实的存在着第三种业务模式划分。那就是基于业务流程而产生的动态面向服务的架构（SOA）。站在今天的角度上，这种动态架构形式处理的主要是那些按照“发布——寻找——绑定”（“publish-find-bind”）这一概念



建立起来的业务模式。在那里，业务参与者和各种相应的应用将会动态的参与到业务过程中来。相对于前面两种情况，这种情形下的语义互操作性问题将会及其重要与复杂。特别是当牵涉到中间的服务提供商的时候，由于各种参与架构和应用的企业之间本身就缺乏固态的商业关系，所以在他们之间实现语义互操作性将会使异常困难和繁杂的。

Industry practitioners have suggested leveraging work in the semantic web to devise comprehensive and open ontologies to address the issue of semantic interoperability for dynamic binding based SOA.

就上述基于面向服务的架构（SOA）的动态绑定体系的语义互操作性问题，很多业内人士已经提出了很多、很好的建议。其中像利用语义门户网站工作来设计出一套全面开放的语义本体系统，就是一个比较不错的想法。

Issues to be addressed:

通过本节的讨论，本领域中一些主要的观点和研究内容包括：

- Distributed open architecture with end to end characteristics, interoperability of heterogeneous systems, neutral access, clear layering and resilience to physical network disruption.  
未来物联网的架构将是具有端对端特性、不同系统间互操作能力、中立访问能力、明确层次划分以及抗物理网络中断和干扰能力的分布式开放体系结构。
- Decentralized autonomic architectures based on peering of nodes.  
未来物联网的架构将是基于对等节点的、分散的、具有自主能力的体系结构。  
Cloud computing technology, event-driven architectures, disconnected operation and synchronization  
未来物联网的架构技术的主要研究内容将涵盖：云计算技术、事件驱动体系、缺少网络连接能力情况下的操作与数据同步等问题。

## 3.3 Communication Technology

### 通信技术

The applications of Internet of Things form an extensive design space with many dimensions that include:



可以想见，未来物联网中的应用必将是多种多样、形式各异、丰富精彩的。而随着时间的推移，随着研究和建设工作的不断深入，作为未来互联网基础组成平台之一的物联网，必将为其上的各种应用应用领域、范围以及设计思路、理念上，提供巨大的发挥与施展空间。其中就通信技术领域来说，物联网的通信结构和通信技术将呈现下面多种情况：

- **Deployment – onetime, incremental or random**  
从部署方式来看，将包括一次性部署、增量部署、或者随机部署等多种方式。
- **Mobility – occasional or continuous performed by either selected or all “things” in the selected environment.**  
从移动能力上来看：给定环境中的全部或者部分的“物品”将可能是固定的、不移动的，或者是偶尔移动的，抑或是持续的、一直在移动着的。
- **Cost, size, resources, and energy – very resource limited to unlimited**  
从成本、规模、资源和能源的角度来看：将涵盖资源有限型到资源无限型等各种情况。
- **Heterogeneity – a single type of “thing” or diverse sets of differing properties and hierarchies**  
从构造和类别情况来看：将既可能只针对单一类型的物品，也可能处理的是根据不同性质、不同属性或者不同层次而组合在一起的各种“物品”集合。
- **Communication modality – Electromagnetic communication - radio frequency, optical, acoustic, inductive and capacitive coupled communication have been used**  
从通信方式来看：可能采用电磁通信（比如射频通信）、光学通信、声学通信、感应通信以及电感和电容耦合通信等多种手段
- **Infrastructure – different applications exclude, allow or require the use of fixed infrastructure**  
从基础设施和基本架构的使用情况和适应性来看，同一物联网基础设施对于不同的应用将既可能是相容的，也可能是相排斥的，亦或者是相互依赖的。
- **Network topology – single hop, star, multihop, mesh and/or multitier**  
从网络的拓扑结构看，将包含单跳网络、星状网络、多跳网络、



混合网络以及多层网络等各种网络类型。

- **Coverage – sparse, dense or redundant**  
从覆盖情况来看，物联网对于各种“物品”以及应用将可能是稀疏覆盖、高密度覆盖，或者是冗余覆盖的。
- **Connectivity – continuous, occasional or sporadic**  
从网络连接能力和连通性上看，将是持续连通、临时连通或者是偶发连通的。
- **Network size – ranging from tens of nodes to thousands**  
从网络规模上，将从几个、几十个、几百个、上千个到成千上万个节点不等
- **Lifetime – few hours, several months to many years**  
从生命周期角度，物品的寿命将从几小时到几个月甚至是几年。
- **Other quality of service requirements – real time constraints, tamper resistance, unobtrusiveness,**  
在服务的质​​量要求上，有的物品和应用要求执行实时性约束，有些要求具有抗干扰性，而有些可能是无需进行干预的。

An extensive design space complicates IoT application development in various ways. One could argue that designing for the most restrictive point in the design space, e.g. minimum “thing” capabilities, highly mobile, etc. might be a solution. However, often there is no such global “minimum” and it will be desirable to exploit the characteristics of the various points in the design space. This implies that no single hardware and software platform will be sufficient to support the whole design space and heterogeneous systems will be used.

正是由于上述情况，也正是由于物联网建设过程中的设计空间巨大，才会给我们的开发和研究工作带来各种各样的困难；实际遇到的情况也往往是极其麻烦的。在这一过程中，对于通信技术，可能有一部分研究者会认为上面问题的解决之道并没有想象的那么复杂。比如他们希望可以在设计空间中选取最为基本的原点或是假设最大的可能程度（像选择那些最低级别的“物品”能力或者是那些最大的移动情况等），来开展我们的设计和研究工作。他们觉得这样做应该就可以解决上面这些问题了。但是，不幸的是，从今天的研究来看想要在宽阔的空间中做出这种通用“最低限度”或“最大程度”的选择判断是那么的困难；以至于根本不可能存在单个软件或者硬件平台能够支撑整个物联网及其上应用的设计需要。因此结论是：我们必须放弃在物联网研究过程中实现统一的通信方式和通信技术的幻想，转而采用多样化的、多种不同构造的通信系统来解决未来

物联网的实际通信问题。

**Issues to be addressed:**

通过本节的讨论，未来物联网通信技术领域中的一些主要观点和研究内容将涵盖：

- **Internet of Things energy efficient communications**  
如何实现基于未来物联网的高效、节能的通信方式
- **Multi frequency radio front ends and protocols,**  
如何实现多重射频前端和多种射频协议之间的融合
- **Communication spectrum and frequency allocation**  
通信频段和无线电频率分配问题
- **Software defined radios (SDRs)**  
可软件定义的无线电通信系统（SDR）<sup>27</sup>的研发工作
- **Cognitive radios (CRs)**  
可感知无线电通信技术（CR）<sup>28</sup>的研发工作
- **Energy efficient wireless sensor networks with inter protocol communication capabilities (hybrids i.e, ZigBee-6LoWPAN-WiFi, etc.)**  
具有内部协议通信能力（综合各种通信协议，像 ZigBee、6LoWPAN、WiFi 等，的无线混合网络）的高效、节能无线传感器网络的研发工作

---

<sup>27</sup> SDR: Software defined radio, 可软件定义无线电通信系统，是一种无线电通信系统形式，其中无线电通信部分是基于硬件模块实现的，而不像典型的无线电通信系统需要采用对专有硬件进行编程来实现无线电通信能力。可软件定义无线电通信系统已经不是一种很可软件定义无线电通信系统可以被方便的集成到各种系统和计算机之中，它将大量信号处理工作都交给了普通处理器，并且可以根据软件的使用需求来进行模块化的无线电通信能力的实现。而这种基于软件的无线电通信能力将是兼容多种无线电通信协议的。相关资料请参见：  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined\\_radio](http://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined_radio)（英文）

<sup>28</sup> CR: Cognitive radio, 可感知无线电技术，是一种无线通信模式。在可感知无线电技术的环境下，网络以及节点将具有自主改变接受与发送过程中各种参数的能力，以实现他们之间高效的通信、沟通与交互能力。同时这种通信模式还要尽可能考虑到减少或者避免授权的以及非授权的用户干扰正常通信的情况。可感知无线电技术中的参数改变应该是通过基于内部和外部环境中的各种因素（如无线电频段情况、用户行为或者网络状态等）的自主/自动侦测行为来实现的。相关资料请参见：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive\\_radio](http://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive_radio)（英文）



## 3.4 Network Technology

### 网络技术

The IoT deployment requires developments in network technology which is essential for implementing the vision reaching out to objects in the physical world and to bring them into the Internet. RFID, short-range wireless technologies and sensor networks are enabling this, while for example IPv6, with its expanded address space, allow that all things can be connected, and can be tracked.

物联网的建设和发展将依托于网络技术的研究工作。只有通过网络技术的发展与支撑，未来物联网才有可能接触到现实世界中各种各样实际的物品，并且将这些物品带入到物联网之中，最终实现上面章节中所展现的各项宏大的愿景。从今天来看，这一趋势已经十分明显，并且网络技术领域的研究工作也已经有了初步的眉目：RFID 技术、短距离无线通信技术和传感器网络技术，这些网络技术的蓬勃发展，使得上述愿景已经在一定范围内成为了现实。再拿已经家喻户晓的 IPv6 技术来说，由于它进一步扩展了网络地址空间，我们完全有理由相信他将在一段时间和一定范围内为物联网中物品之间的互连、物品的监控与追踪提供各种便利条件。

In the IoT security, scalability, and cross platform compatibility between diverse networked systems will be essential. In this context the network technologies has to offer solutions that reduced costs that can offer the viability of connecting almost anything to the network, and this ubiquity of access will change the way information is processed. IP provides today end to end communication between devices, without intermediate protocol translation gateways. Protocol gateways are inherently complex to design, manage, and deploy and with the end to end architecture of IP, there are no protocol translation gateways involved.

对于网络技术领域来说，在未来的物联网中，安全性、可扩展性以及横贯多种不同网络系统的跨平台兼容性与互操作性将是至为重要的。所以在这个方面，未来的网络技术不能再仅仅从考虑如何降低用户成本这个角度出发，我们应该将研究重点放到如何实现将近乎所有物品都纳入到网络中来所必须的适应能力这个问题上，同时还要适时地根据未来这种无处不在的网络接入能力对现有信息与数据处理方式进行彻底的调整以及改变。说到这里我们需要指出这样一个事实，那就是今天的 IP 技术已经为端对端设备通信提供了必要的支持环境，而这样的环境中并不需要中间协议转换网关的存在。



所以，对于今天的某些研究思路来说，我们要强调协议网关本身在设计、管理和部署时就是十分复杂的。虽然未来的物联网确实需要端对端的通信连接能力以及跨平台的兼容性与互操作性，但是如果我们把心思放到设计各种各样的协议转换网关上并不是十分必要的。特别是对于现在网络技术的研究来说，是以 IP 技术为基础的，而基于 IP 的端对端架构，并不需要任何协议转换网关的参与。

New scalable architectures designed specifically for the ubiquitous sensor networks communications will allow for networks of billions of devices. Improvements in techniques for secure and reliable wireless communication protocols will enable mission-critical applications for ubiquitous sensor networks based on wireless identifiable devices.

继续上面的讨论，我们还要看出未来网络技术需要产生新的具有可扩展性的网络体系结构，并且要让这个网络体系结构被设计来适应于未来普适传感器网络中的各种通信情况，特别是要考虑到未来物联网将允许数十亿设备所组成的各种各样的网络存在其中这样一个事实。这就要求我们在安全可靠无线通信协议方面继续开展研究工作，并且使得这个领域中的技术发展方向适应于“普适传感器网络中各种无线可标识设备之间实现基于关键任务的应用”这一要求。

#### Issues to be addressed:

通过本节的讨论，未来物联网网络技术领域中的一些研究内容将涵盖：

- Network technologies (fixed, wireless, mobile etc.),  
网络技术（固定的、无线的、移动的等）
- Ad-hoc networks  
临时自组网络技术

## 3.5 Network Discovery

### 网络定位和发现技术

In the IoT the network will dynamically change and continuously evolving and the things feature varying degrees of autonomy. New “things” will be added and existing network topologies will be moved around. In the context of IoT automated discovery mechanisms and mapping capabilities are essential to network management and needed



for overall communication management. Without it the network management capabilities cannot scale, be accurate or efficient since it needs to automatically assign roles to devices based on intelligent matching against pre-set templates and attributes, automatically deploy and start active, passive or performance monitors based on assigned roles and attributes, start, stop, manage and schedule the discovery process and make changes to any role or monitoring profile at any time or create new profiles as required

在未来的物联网（IoT）中，不但网络是动态变化、持续演变的，物联网中的各种物品也将是随时变化的，而且这些物品将会在不同程度上呈现出各种级别的自主能力。在物联网的环境中，新的“物品”将会不断被纳入到现有的网络拓扑结构中来，网络也将持续的向四周拓展其疆界。在这种情况下，为了实现至关重要的网络管理能力和必须的整体通信管理能力，物联网要求其中的各种网络需要具备自主的网络发现机制与网络映射功能。通过这些机制与功能，物联网中的网络管理能力将得以不断的扩展。通过这些机制与功能，物联网将得以准确、高效的为其网络中的各种设备自主分配所属规则以及自动指定所应扮演的角色。同时通过这些机制，物联网将能够根据预先设定的基于各种职能匹配的模板和属性，自动地进行部署，自动的在各种状态（主动或是被动）间进行切换，自动地根据特定的规则和属性自己打开效率监控系统，自动的激活、停止、管理或者规划发现流程。最后，物联网也将可以通过上面这些机制与功能，自主地对任何规则和角色进行调整和改变，实时的进行配置情况监控，以及在任何需要的时间点上自主的创建所需配置文件。

They enable interaction between devices that is not pre-configured and hard coded as far as the addresses or service end-points are concerned, but allows for dynamic, run-time configuration of connections. This allows the (potentially mobile) devices to form collaborative groups and adapt to changing context. Examples for protocols for discovery on LAN level are WS-Discovery [9] (as part of WS-DD), Bonjour [10] and SSDP [11] (as part of UPnP).

这样，设备之间的交互行为将会摆脱“需要对地址和服务终端进行预先定义或者硬编码”这一限制，所有的连接行为都可以在运行时进行动态的配置与执行。这将让所有物联网中的设备和物品，特别是那些具有潜在移动性的设备和物品，可以随时动态的形成互相协作的团体和组织，以适应不断变化的环境。就像今天那些在局域网层级上的发现协议（如 WS-Discovery [9] (作为 WS-DD 的一部分), Bonjour [10] 以及 SSDP [11] (作为 UPnP 的一部分)）所展示的一样，未来的物联网必将能够实现最大限度帮助物品以及我们人类进行无限的动态交互行为这一目标。



Passive or dynamic discovery mechanisms exist today and technologies are developed to implement both active and passive real time, dynamic network discovery data.

也许你可能认为上面的叙述只是理想，实现的路程将异常漫长，那么我们需要指出：就在现在，被动的和动态的发现机制已经不是天方夜谭，而且已经在很多场景下得到应用。所以，随着技术的发展，我们完全有信心实现上述的主动的以及被动的实时动态网络数据发现机制与规则。

Discovery services must nevertheless be based on authentication mechanisms to address privacy or security issues.在本节的末尾，还需要提醒未来的研究者们：上述这些发现服务还必须基于身份验证和授权机制来进行部署的，以满足物联网的各种隐私性和安全性需求。

## 3.6 Software and algorithms

### 软件和算法技术

One of the most promising micro operating systems for constrained devices is Contiki [12]. It provides a full IP stack (both IPv4 and IPv6), supports a local flash file system and features a large development community and a comprehensive set of development tools.

对于未来的物联网来说，其中很多的物品将是资源受限型设备。就软件和算法技术领域来看，一方面，为了满足物联网互通互联的要求，这些设备及其中的微操作系统起码需要具备一定的计算能力，允许本地闪存文件系统，提供完整的IP协议栈（要考虑既包括IPv4也包括IPv6），并且拥有一个强大的开发社区或者全面开发工具集合的支持。今天，满足上面这些要求的系统已经有了很多的尝试，其中比较成功、也是比较具备潜力的系统之一就要数Contiki [12]了。

One of challenges in building IoT applications lies in the lack of a common software fabric underlying how the software in the different environments can be combined to function into a composite system and how to build a coherent application out of a large collection of unrelated software modules. Research and development is focusing on service oriented computing for developing distributed and federated applications to support interoperable machine to machine and “thing” to “thing” interaction over a network. This is based on the Internet protocols, and on top of that, defines new protocols to describe and address the service instance. Service oriented computing loosely



organizes the Web services and makes it a virtual network.

另一方面，在建设物联网（IoT）应用的过程中，软件和算法技术领域一个主要的技术挑战将是如何组建一个通用的软件底层平台。通过这个通用的软件底层平台可以将各种不同环境中的软件组合成一个复杂的合成系统功能，可以从一大堆没有任何联系的软件模型中抽象出并且建立起连贯一致的应用。从现在的研究来看，为了实现这些目标，我们需要将研发的重点放到面向服务的计算上来，开发出既可以支持分布式部署也可以联合起来运行的各种应用模式，以满足未来物联网网络中各种具有互操作能力的机器与机器之间、“物品”与“物品”之间的交互行为。在研究的过程中，我们的工作不但要基于现有的各种网络协议，保证应用的通用性和技术的连贯性；同时在此基础上，我们需要定义新的协议和规则来表述和处理实际遇到的各种服务问题与服务需求。从一定意义上来说，我们可以想象未来面向服务的计算将通过松散的组织以及整合各种各样的网络服务功能，形成一整套植根于未来物联网的十分重要的且不可分割的虚拟网络体系结构。

#### Issues to be addressed:

通过本节的讨论，未来物联网软件和算法技术领域的一些研究内容将涵盖：

- **Open middleware platforms**  
各种开放的中间件平台的建立。
- **Energy efficient micro operating systems**  
高效节能的微操作系统的研发。
- **Distributed self adaptive software for self optimization, self configuration, self healing (e.g. autonomic)**  
分布式自适应软件的研发工作，而且要让这些软件可以具有自主优化、自主配置、自主修复（或者简言之自动化）能力。
- **Lightweight and open middleware based on interacting components/modules abstracting resource and network functions;**  
基于交互式组件型/模块化抽象网络资源和网络功能的轻量级开放中间件的研发工作。
- **Bio-inspired algorithms (e.g. self organization) and game theory (to overcome the risks of tragedy of commons and reaction to malicious nodes)**  
仿生算法（如自组织算法）和博弈理论（用来解决像公共财产悲剧和恶意结点攻击等问题）的研究工作。



- Self management techniques to overcome increasing complexities  
自主管理技术的研究工作，用来处理日益增长的复杂性。
- Password distribution mechanisms for increased security and privacy  
针对更高的安全性和隐私性要求的密码分配和管理机制。
- Energy-aware operating systems and implementations  
拥有自主节能意识的操作系统技术的研究工作以及这种技术的早日实现。

## 3.7 Hardware

### 硬件技术

The research on nanoelectronics devices will be used for implementing wireless identifiable systems with the focus on miniaturization, low cost and increased functionality.

在硬件技术领域：首先，随着纳米电子学在无线可标识系统中得到广泛的应用，未来物联网中的设备将更加精巧化，成本将得到进一步降低，而性能却会飞速的提升。

Polymers electronics technology will be developed and research is needed on developing cheap, non-toxic and even disposable electronics for implementing RFID tags and sensors that include logic and analogue circuits with n and p type Thin Film Transistors (TFTs), power converters, batteries, memories, sensors, active tags.

其次，通过对聚合物电子器件技术的深入研究，我们完全有希望开发出廉价、无害甚至是可降解的新一代电子器件技术。通过这些器件的使用，RFID标签技术和传感器技术将更加完善，将可以实现集逻辑电路和模拟电路于一身，并且整合有n型与p型薄膜晶体管（TFTs）<sup>29</sup>、电源转换、电池系统、存储设备、传感探测装置和主动式标签的新型RFID标签元件和传感器元件。

<sup>29</sup>薄膜晶体管（TFTs）相关资料请参见：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film\\_transistor](http://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film_transistor)（英文）

或者

<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E8%96%84%E8%86%9C%E9%9B%BB%E6%99%B6%E9%AB%94>（中文）



Figure 4 IoT Devices

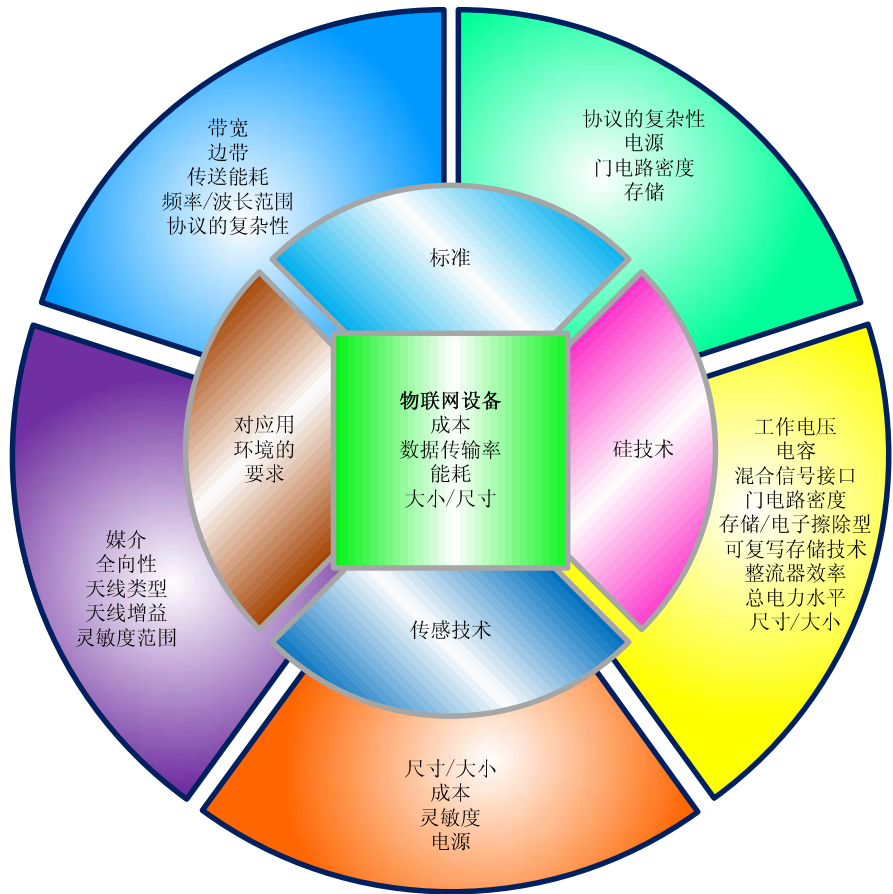


图 4 物联网的设备技术所需要考虑的问题

Silicon IC technology will be used for systems with increased functionality and requirements for more non volatile memory used for sensing and monitoring ambient parameters. Research is needed on ultra-low power, low voltage and low leakage designs in submicron RF CMOS technologies, on high-efficiency DC-DC power-management solutions, ultra low power, low voltage controllable non-volatile memory, integration of RF MEMS and MEMS devices. The focus will be on highly miniaturised integrated circuits that will include:

再者，用于感知和监控环境参数的各种系统中将普遍采用硅晶体集成电路技术（Silicon IC technology）。这样将使得这些系统可以获得更多的功能，并且可以满足非易失性存储介质（non volatile memory）



<sup>30</sup>的要求。在未来的研究中，我们需要开展下列技术的研发工作：第一，极低能耗、极低电压和极低辐射泄露的亚微细粒射频互补型金属氧化物半导体技术（RF CMOS）的设计工作；第二，高效直流到直流（DC-DC）电能转换技术解决方案的研发工作；第三，极低能耗、极低电压可控制的非易失性存储元件的研发工作；第四，射频微电子机械系统（RF MEMS）与微电子机械系统（MEMS）相整合的各种设备的研制工作。而在这些技术之中，高度精巧型集成电路技术无疑将成为研究的焦点，特别是对于下面这些领域来说：

- **Multi RF, adaptive and reconfigurable Front Ends**  
多重射频频率的具有自适应能力和重配置能力的前端系统。
- **HF/UHF/SHF/EHF**  
高频/特高频/超高频/极高频通信技术。
- **Memory –EEPROM/FRAM/Polymer**  
电子擦除型可复写存储技术（EEPROM）<sup>31</sup>/非易失性铁电存储技术（F-RAM）<sup>32</sup>/聚合物存储技术。
- **ID 128/256 bits + other type ID**  
128/256 位标识和其他类型的标识技术。
- **Multi Communication Protocols**  
多重通信协议。
- **Digital Processing**  
数字处理技术。
- **Security, including tamper-resistance countermeasures, and technology to thwart sidechannel attacks**

---

<sup>30</sup>非易失性存储技术（non volatile memory）相关资料请参见：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Non-volatile\\_memory](http://en.wikipedia.org/wiki/Non-volatile_memory)（英文）

<sup>31</sup>电子擦除型可复写存储技术（EEPROM）相关资料请参见：

<http://en.wikipedia.org/wiki/EEPROM>（英文）

或者

<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/EEPROM>（中文）

<sup>32</sup>非易失性铁电存储技术（F-RAM）相关资料请参见：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ferroelectric\\_RAM](http://en.wikipedia.org/wiki/Ferroelectric_RAM)（英文）

或者

<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E9%90%B5%E9%9B%BB%E9%9A%A8%E6%A9%9F%E5%AD%98%E5%8F%96%E8%A8%98%E6%86%B6%E9%AB%94>（中文）

或者

<http://www.eepw.com.cn/news/listbylabel/label/F-RAM>（中文）



安全技术，包括防篡改应对技术，以及旁侧信道攻击挫败技术等。

Based on this development two trends are emerging for wireless identifiable devices for IoT applications:

通过上面这些技术的发展，物联网及其应用中无线可标识设备将呈现两个全新的发展趋势：

- **Increasing use of “embedded intelligence”**  
其一，“嵌入式智能”将得到进一步、广泛的应用。
- **Networking of embedded intelligence**  
其二，嵌入式智能之间的各种通信和联网行为也将更加的普及。

IoT will create new services and new business opportunities for system providers to service the communication demands of potentially tens of billions of devices. Three main trends are seen today:

所以，有了上面这些发展，物联网将为未来的系统提供商开拓出更加新颖、更为广阔的服务空间和商业机遇，并且将可以为未来数百亿设备之间潜在的通信和交流需求提供全面的支持与保障。在这一过程中，下列的三个主要趋势将会凸现，那就是：

- **Ultra low cost tags with very limited features. The information is centralized on data servers managed by service operators. Value resides in the data management.**  
首先，具有局限特征的极低成本标签将会出现。通过这些标签，信息将在各种数据服务器上集中，并且由各种服务操作人员或者机制进行统一的管理。而这种类型的标签将在未来的数据管理技术中发挥非常重要的作用。
- **Low cost tags with enhanced features such as extra memory and sensing capabilities. The information is distributed both on centralized data servers and tags. Efficient network infrastructure. Value resides in communication and data management, including processing of data into actionable information.**  
其次，具有附加扩展特性（如额外的存储容量和感知能力）的低成本标签将会得到发展。这样，各种信息将会同时存在于中心数据服务器上以及这种标签之中。通过高效网络基础设施的支持，这种标签以及这种标签之间的交互行为和数据管理功能，特别是可以将数据转换为可以付诸行动的信息等能力，将会在未来的通信和数据管理中扮演至关重要的角色。
- **Smart fixed/mobile tags and embedded systems. More functions**



into the tag bringing local services. Smart systems (sensing/monitoring/actuating) on tags. The information is centralized on the data tag itself. Value resides in the communication management to ensure security and effective synchronisation to the network.

最后，通过深入研究固定的和可移动的智能标签以及嵌入式系统，更多的功能将会变为标签的本地服务。标签本身就将携带有各种智能系统，比如感知/传感系统、监控系统以及驱动系统。这样做的话，标签也就成为了信息的集中体。而这种标签也必将会在各种保证安全高效网络同步行为的信息交互管理进程中发挥关键的价值。

Smart devices enhanced with inter-device communication will result in smart systems with much higher degrees of intelligence and autonomy. This will enable the more rapid deployment of smart systems for IoT applications and creation of new services.

可以这样说，通过我们在未来物联网硬件技术领域的不懈努力，未来，具有设备间交流能力的各种智能设备将成为主流；同时通过这些智能设备将可以为我们组建起各种各样具有更高级别智能以及更高等级自主能力的智慧系统。这不但将会让物联网及其应用得到更加快捷与便利的部署和执行，而且将为我们人类未来的生活提供更加丰富的服务类型与支持方式。

## 3.8 Data and Signal Processing Technology

### 数据和信号处理技术

Different industry bodies in vertical domains have realized the utility of XML as the underlying language for standardization of business artefacts. Each vertical industry has come up with standards bodies to develop XML standards for the specific vertical. The basic idea is to express the contract, trust, process, workflow, message, and other data semantics in terms of XML nodes and attributes for the nodes. These XML vocabularies are then published as generalized Document Type Definition (DTD) or XML Schema for consumption by members of that vertical industry. Since all members follow the same DTD or schema the semantic interoperability is achieved.

今天，在各个纵向的产业领域之中，各种不同的产业团体已经充分



认识到可扩展标记语言 (XML)<sup>33</sup> 将可以作为商业活动标准化过程中的基本语言进行使用。各个纵向产业也已经成立了各自的标准化组织来发展各种针对于特定行业的XML标准技术。在具体操作的过程中, 这些技术的基本思想是通过使用XML的节点以及节点属性来表述各种商业语义概念, 如合同、信任程度、处理过程、工作流程、信息以及其他语义数据等。而这些XML的完整词汇清单将作为通用的文档类型定义清单 (DTD)<sup>34</sup> 或者XML结构方案 (XML Schema)<sup>35</sup> 而存在, 以便于该产业的其他成员可以共同使用这些信息, 帮助产业的发展 and 信息的交互。这样当所有或者绝大多数产业成员都开始使用这些文档类型定义清单 (DTD) 和XML结构方案时, 该产业内部的语义互操作性也就得以实现。

The OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) site [13] or the XML cover pages [14] site provides a comprehensive list of XML vocabularies. Some of the prominent vertical vocabularies are ACORD for insurance, OTA for travel, GovML for Government, FpML for financial derivatives, HL7 for healthcare domain, STPML for financial straight-through processing, etc. Some of these standardized vocabularies are already in action and have seen widespread adoption. A case in point is the adoption of XBRL, the standard for business and financial reporting. It has been popularly adopted by many corporations in addition to financial and reporting software companies.

在这些工作中, 结构化信息标准推进组织 (OASIS) [13] 以及 Cover Pages 网站 [14] 上为我们提供了一份XML词汇清单的完整列表。这份清单中包括了: 保险行业的ACORD (协同合作研究与开发协会)<sup>36</sup>、旅游行业的OTA (开放旅游联盟)<sup>37</sup>、政府领域的GovML (政府行业标

<sup>33</sup> 可扩展标记语言 (XML) 相关资料请参见:

<http://www.w3.org/standards/xml/> (英文)

<sup>34</sup> 文档类型定义清单 (DTD) 相关资料请参见:

<http://www.w3.org/TR/2008/REC-xml-20081126/#dt-doctype> (英文)

<sup>35</sup> XML 结构方案 (XML Schema) 相关资料请参见:

[http://www.w3.org/standards/techs/xmlschema#w3c\\_all](http://www.w3.org/standards/techs/xmlschema#w3c_all) (英文)

<sup>36</sup> ACORD (Association for Cooperative Operations Research and Development), 协同合作研究与开发协会相关资料请参见:

<http://www.acord.org/> (英文)

或者

<http://xml.coverpages.org/acord.html> (英文)

<sup>37</sup> OTA (Open Travel Alliance), 开放旅游联盟相关资料请参见:

<http://www.opentravel.org/> (英文)

或者

<http://xml.coverpages.org/openTravel.html> (英文)



记语言)<sup>38</sup>、金融相关行业的FpML(金融产品标记语言)<sup>39</sup>、医疗健康领域的HL7(国际等级 7 健康水平)<sup>40</sup>、金融直通处理过程中的STPML(直通处理标记语言)<sup>41</sup>,等等。其中一些已经在其所在行业中得到了大范围的推广和应用。典型的例子就要数XBRL(可扩展的商务报告语言)<sup>42</sup>了,除了被金融公司和报表软件公司广泛采用外,它还在其他行业很多公司的文档报告环节中得到了相当程度的普及。

Initiatives such as International Standard for Metadata Registries (ISO/IEC 11179) and implementations of it, such as the Universal Data Element Framework (UDEF) from OpenGroup aim to support semantic interoperability between structured data that is expressed using different schema and data dictionaries of vocabularies, by providing globally unique cross-reference identifiers for data elements that are semantically equivalent, even though they may have different names in different XML markup standards.

追溯历史来看,最初这类标准的产生是从国际标准化组织(ISO)<sup>43</sup>的元数据注册国际标准(ISO/IEC 11179)以及OpenGroup<sup>44</sup>的通用数据元素体系(UDEF)开始的。这些标准都是通过为那些在语义上具有等价性的数据元素(尽管他们在不同的标准中可能有不同的名字)提供全球唯一的交叉引用方式和标识结构来实现的,以便完成“在不同的表达方式以及不同的数据词汇字典之间进行结构数据的语义互操作行为”这一根本目标。

---

<sup>38</sup> GovML(Governmental Markup Language),政府行业标记语言相关资料请参见:  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/egovernment/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/egovernment/index_en.htm)  
(英文)

或者

<http://xml.coverpages.org/govML.html> (英文)

<sup>39</sup> FpML(Financial Products Markup Language),金融产品标记语言相关资料请参见:

<http://www.fpml.org/> (英文)

或者

<http://xml.coverpages.org/fpml.html> (英文)

<sup>40</sup> HL7(Health Level Seven International),国际等级 7 健康水平相关资料请参见:

<http://www.hl7.org/> (英文)

<sup>41</sup> STPML(Straight Through Processing Markup Language),直通处理标记语言相关资料请参见:

<http://xml.coverpages.org/stpml.html> (英文)

<sup>42</sup> XBRL (Extensible Business Reporting Language),可扩展的商务报告语言相关资料请参见:

<http://www.xbrl.org/Home/> (英文)

或者

<http://xml.coverpages.org/xbrl.html> (英文)

<sup>43</sup> [www.iso.org](http://www.iso.org) (英文)

<sup>44</sup> [www.opengroup.org](http://www.opengroup.org) (英文)



ebXML is an end-to-end stack proposed under the aegis of UN/CEFACT (United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business) and OASIS, aimed at standardizing B2B collaborations. The stack of ebXML derives its fundamentals from Electronic Data Interchange (EDI), the existing de-facto technology for conducting e-business between multiple business partners. It is envisioned to enable enterprises of any size, anywhere, to find each other electronically and conduct business by exchanging XML messages. It builds on earlier semantic approaches to business vocabularies like XML Common Business Library (xCBL) from Commerce One, and business object documents (BODs) from Open Applications Group.

而ebXML（电子商务用可扩展标记语言）<sup>45</sup>，作为一种端对端的堆栈式标记语言，则是由联合国贸易促进与电子商务中心（UN/CEFACT）<sup>46</sup>以及结构化信息标准推进组织（OASIS）共同主持和开发出来的。ebXML旨在解决全球贸易和电子商务过程中的标准化B2B商业协作问题。ebXML的基础是全球流通和贸易领域电子数据交换（EDI）技术。这种技术是为了实现在多个商务伙伴之间进行电子商务行为的管理而研发出来的。同时在设计之初，ebXML就已经考虑了如何允许任意大小、处于任意地点的企业可以通过电子的手段发现彼此，以及通过交换XML信息的方式进行商务行为等问题。ebXML早期基础是早期的商业词汇语义方法，比如Commerce One的XML通用商业词库（xCBL）<sup>47</sup>和Open Applications Group的商务对象文档模型（BODs）<sup>48</sup>。

ebXML offers an open XML based framework for enterprises to conduct business electronically with other enterprises or with customers. In effect it is a collection of standards for conducting e-business. The

<sup>45</sup> ebXML, Electronic Business using eXtensible Markup Language, 电子商务用可扩展标记语言或者电子商务用可扩展标记语言相关资料请参见:

<http://www.ebxml.org/> (英文)

或者

<http://en.wikipedia.org/wiki/EbXML> (英文)

<sup>46</sup> UN/CEFACT (United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business), 联合国贸易促进与电子商务中心相关资料请参见:

<http://www.unece.org/cefact/> (英文)

或者

<http://en.wikipedia.org/wiki/UN/CEFACT> (英文)

<sup>47</sup> Commerce One 以及 xCBL 相关资料请参见:

<http://www.commerceonefinancial.com/> (英文)

以及

<http://www.xcbl.org/> (英文)

<sup>48</sup> Open Applications Group 以及 BOD 的相关资料请参见:

<http://www.oagi.org/> (英文)

以及

[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd277892\(v=bts.10\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd277892(v=bts.10).aspx) (英文)



semantics in ebXML stack are handled at two levels: Core Components at the data dictionary level and UBL for the standardized business documents level.

对于ebXML来说，它提供了一种基于可扩展标记语言（XML）的开放体系结构，使得企业可以通过电子的方式管理自己与其他企业以及自己与客户之间的各种业务。事实上，ebXML可以说是有一些列电子商务活动相关标准所组成的集合。在ebXML的堆栈结构中，语义被限定在两个不同的操作层级之上：核心组件针对的是数据字典层级的操作，而通用商业语言（UBL）<sup>49</sup>则是针对标准商务文档级别的操作。

A Core Component (CC) is a generic term referring to a semantic data item that is used as a basis for constructing electronic business messages. The Core Components specification addresses the need for capturing data items common across multiple businesses and domains. A layered approach is taken with provision of specialization of components based on context (Context refers to the environment in which the data item is used). There are two basic types of Core Components: (a) Basic Core Component – A simple, singular Core Component that has an indivisible semantic meaning like an item code, an ID, etc., and (b) Aggregate Core Component – A collection or packaged Core Component like an address.

在 ebXML 的组织结构之中：核心组件描述的是那些电子商务讯息创建过程中基础语义数据对象所引用的各种概念。核心组件标准解决的是跨越多个行业和商务领域的通用数据对象采集问题。而且通过采用分层的方法，核心组件将可以依照所处环境（这里是指数据对象所处的环境）进行特别的规定与整合。这样事实上将存在两种类型的核心组件：(a)基本的核心组件——那些简单的、基础的、独立的用以描述不可再细分语义的概念，比如物品编码、标识等。(b)合并的核心组件——那些由多个核心组件组合而成或者整合在一起的组件集合，例如地址等。

On the other hand, Universal Business Language (UBL) is an output of OASIS to address the development of reusable semantic business documents for interoperability across multiple businesses and verticals. Core Components specifies two broad categories of elements, the Core Components and the Business Information Entities (BIE). UBL is concerned with only the BIEs (both Basic BIEs and Aggregate BIEs).

而另一方面，由结构化信息标准推进组织（OASIS）所推出的通用商业语言（UBL）则是为了解决可重复使用的语义业务文档发展过程中所必须面对的各种问题，以及跨越多重商务流程和纵向业务领域的

<sup>49</sup> UBL(Universal Business Language)，通用商业语言相关资料请参见：  
[http://www.oasis-open.org/committees/tc\\_home.php?wg\\_abbrev=ubl](http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=ubl)（英文）



互操作性问题而存在的。所以根据上面对于核心组件的划分，由于核心组件可以被特定到两种元素类型：即核心组件元素和商业业务信息实体（BIE）。从结构上，我们可以认为通用商业语言（UBL）针对的是商业业务信息实体（BIE，既包含基本的商业业务信息实体，也包括合并的商业业务信息实体）领域的各种需求。

Finally, semantic web based standards from W3C like DAML (Darpa Agent Markup Language), RDF (Resource Description Framework) and OWL (Ontology Working Language) are useful in providing semantic foundations for dynamic situations involving dynamic discovery of businesses and services.

最后，可扩展标记语言作为语义互操作性基础解决方案的典型事例就是那些语义门户网络中的基础标准，特别是来自于万维网联盟（W3C）的那些标准，如美国国防部高级研究计划署代理标记语言（DAML）<sup>50</sup>、资源描述框架（RDF）<sup>51</sup>以及网络本体语言（OWL）<sup>52</sup>等。通过他们的介入将为我们未来物联网动态环境下进行动态商务流程和业务服务发现提供必要的语义基础支持。

The intelligent decision-making algorithms will need to trigger activities not on the basis of a single event (such as an individual observation or sensor reading) but often also considering correlations among events and often requiring transformation of the raw sensor data. Toolkits and

---

<sup>50</sup> DAML(DARPA Agent Markup Language): 美国国防部高级研究计划署代理标记语言相关资料请参见:

<http://www.daml.org/> (英文)

或者

[http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA\\_Agent\\_Markup\\_Language](http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Agent_Markup_Language) (英文)

DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency): 美国国防部高级研究计划署相关资料请参见:

<http://www.darpa.mil/> (英文)

或者

[http://en.wikipedia.org/wiki/Defense\\_Advanced\\_Research\\_Projects\\_Agency](http://en.wikipedia.org/wiki/Defense_Advanced_Research_Projects_Agency) (英文)

<sup>51</sup> RDF(Resource Description Framework): 资源描述框架相关资料请参见:

<http://www.w3.org/RDF/> (英文)

或者

[http://www.w3.org/standards/techs/rdf#w3c\\_all](http://www.w3.org/standards/techs/rdf#w3c_all) (英文)

或者

[http://en.wikipedia.org/wiki/Resource\\_Description\\_Framework](http://en.wikipedia.org/wiki/Resource_Description_Framework) (英文)

<sup>52</sup> OWL(Web Ontology language): 网络本体语言相关资料请参见:

<http://www.w3.org/2004/OWL/> (英文)

或者

<http://www.w3.org/TR/owl-features/> (英文)

或者

[http://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_Ontology\\_Language](http://en.wikipedia.org/wiki/Web_Ontology_Language) (英文)



frameworks already exist for complex event processing, such as ESPER and DROOLS - and are likely to play a useful role in formulating machine-readable rules for how a particular sequence of events should trigger a particular activity or process.

下面，对于物联网的数据和信号处理技术领域来说，我们还需要涉足另外一个问题，那就是智能决策算法的研发工作。未来的智能决策算法将不仅仅是对于某一个独立事件（如一个独立观察到的或者感知探测到的现象）的单独反应。物联网中的智能决策算法通常需要在通盘考虑事件之间的关联性以及原始传感探测数据的转换处理结果之后来进行最终的判断。这无疑将给研究工作带来相当的复杂性。不过我们也不必气馁，因为现在一些用于进行复杂事件处理的工具集合和技术框架已经存在（比如ESPER<sup>53</sup>和DROOLS<sup>54</sup>）。相信他们必定会在我们未来开发和制定机器可读规则，特别是如何依据特定系列事件来触发特定活动或进行特定处理时起到重要的借鉴和提点作用。

It may be necessary to evaluate multiple rules in parallel, to consider various possible causes and appropriate responses or outcomes. Sensor data in particular may require some preprocessing, to reduce noise, assess whether or not to consider outlying data points, perform smoothing, averaging (possibly across moving time windows). Furthermore, certain kinds of sensor data may need to be transformed.

同时，未来的智能决策算法还有必要综合评估多种规则，详细考虑各种可能的诱因以及所应采取的合适响应或者合理结果。特别是对于通过传感和探测手段得到的数据来说，他们可能需要进行一定的预处理，比如减少噪声、评估与中心数据点的距离、进行平滑或者平均（很可能是沿时间轴向的）处理等。甚至，更进一步的，某些类型的传感数据可能还需要进行特定的转换以适应于智能决策算法的处理要求。

For example, from temperature data together with knowledge of the biological and chemical reactions of a perishable product, it may be possible to calculate whether the population of toxic micro-organisms has reached a safety-critical level; the growth rate of the microbe population may have non-linear temperature dependence. As another example, it is necessary to apply techniques such as Fourier transforms

---

<sup>53</sup> ESPER 相关资料请参见：  
<http://www.espertech.com/>（英文）

<sup>54</sup> DROOLS 相关资料请参见：  
<http://www.jboss.org/drools>（英文）  
或者  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Drools>（英文）

and complex cepstrums (the inverse Fourier transform of the complex logarithm of a Fourier transform) to vibration data in order to detect changes in the amplitude of vibrating components at particular resonant frequencies, as well as changes in the relative amplitudes of harmonics of such frequencies; by transforming the sensor data in such ways, it is possible to detect signs of degradation, instability or imbalance with much greater sensitivity, leading to a much earlier detection of possible problems.

上面所说的智能决策算法的例子已经比比皆是：比如，根据温度数据以及易腐烂产品的生物化学反应知识与经验，智能决策算法完全有能力计算出有毒微生物的数量是否达到了危害健康的水平。这是由于有害微生物的增长率很可能是依赖于温度而呈现非线性增长的。再比如，通过将傅立叶变换以及复数逆谱变换（即对傅里叶变换结果的复对数应用傅里叶逆变换的所得到的结果）应用于振动数据，我们将可以检测到特定共鸣频率下的振幅变化以及这样频率下谐波的相对振幅变化。从而通过传感数据经过这些变换后得到的结果侦测那些敏感的退化、不稳定或不平衡迹象，更早的发现可能出现各种机械故障与问题等。

#### Issues to be addressed:

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- Semantic interoperability, service discovery, service composition, semantic sensor web,  
语义互操作性、服务发现、服务整合以及语义传感器门户网络技术
- Data sharing and collaboration,  
数据共享和协作规则
- Autonomous agents,  
自动代理机制
- Human machine interaction  
人机交互技术
- Edge processing, filtering and aggregation,  
边界处理、滤波和聚合算法
- Quality of service, stream processing  
服务和流处理的质量问题



## 3.9 Discovery and Search Engine Technologies

### 发现和搜索引擎技术

Information and services about things will be fragmented across many entities and may be provided at class-level (i.e. common information and services for all instances of things having the same class) or at serial-level (i.e. unique to an individual thing), as well as being provided authoritatively by the creator of the thing or contributed by other entities such as those who have interacted with an individual thing at some stage in its life.

在未来的物联网中，物品的种类和类型将是千差万别的，所以物品的各种信息和服务也将不存在统一性，而是分散于很多不同的对象之中。从层次结构来看，物品的信息和服务既可以是在类别层级上进行部署的（即相同类型内所有物品实例的公有信息和服务），也可以是针对独立的个体的（即那些单个的物品所独有的信息和服务）。而就提供者来说，这些信息和服务可能是物品创造者或者生产者所权威提供的，也可能来自于其他的物品，比如那些来自于物品在其生命周期中某些阶段与特定物品进行交互而获得的信息与服务。

The Internet of Things requires the development of lookup / referral services to link things to such information and services and to support secure access to such information and services in a way that respects both the privacy of individuals and confidentiality of business information, such that matching between requesters and providers of information services can be founded on trust relationships. As a thing moves through the real world, it will encounter new environments and both the smart things and other agents that are monitoring the things will require lookup mechanisms in order to discover what capabilities are available within the local environment of the thing. Such capabilities may include availability of sensors and actuators, network communication interfaces, facilities for computation and processing of data into information as well as facilities for onward transportation, handling, physical processing or alerting of a human operator about problems.

因此，物联网的发现与搜索服务的发展应该不仅仅被局限于链接物品的特定的信息与服务，而应该考虑建立一种信息和服务的安全的接入方式。这种方式不但要充分考虑到链接方（或者说使用者、



请求者)的意愿,还要尽可能顾及服务和信息提供方的安全性以及保密性要求。也这有这样做,我们才有可能在充分信任的基础上建立起依照这种接入介入方式建立起的信息服务请求者与提供方之间的和谐匹配关系,或者说是搜索与发现体系。另外,随着物品在现实世界中的运动,它将经历变化的环境,也会遇到其他智能的物品或者媒介对象。在这个过程中,物品将会监测其他物品和媒介对象的状况,反过来其他物品或媒介对象也在实时监视着这个物品本身。这样就要求我们为未来的物联网建立起一套发现和查找机制:一方面,通过它,物品将可以发现自身功能或者服务在所处本地环境中的可用性。而这些功能和服务既可能是传感探测能力,也可能是驱动装置是否可以激活;抑或是,这个物品是否具有网络通信的各种接口、是否配备用于数据转换、运算和处理的各种设施,是否可以进行传送、运输、处置以及发生问题时的人为处理方式与各种报警能力,等等。

Things may also require the ability to discover the existence and identity of peer things within their environment in order to negotiate about shared goals (such as common requirements for transportations and destinations, specific handling or storage requirements, e.g. within particular temperature ranges), and in order to identify and resolve conflicts and achieve efficient, synergistic and considerate solutions with their peers for their co-location and cotransportation, especially when they plan to interact with actuators in their local environment or request transportation. Requesters of information, including the virtual counterparts of things will often need to be able to monitor the location of things. Locations might be expressed as abstract or 'logical' locations, perhaps within a hierarchy or federation of hierarchical locations. They can also be expressed as 3-dimensional terrestrial spatial location co-ordinates.

另一方面,通过发现与查找机制,物品也将有能力发现所处环境中对等物品的存在性以及他们的标识与身份。这样,物品与对等体(处于同一个地点,或者采用相同的传输方式,等)之间将可以自主的根据共同的目标(比如,对于运输和目的地的共同要求、特殊的处理步骤、储运的条件与环境(像要在特定的温度范围内),等)展开谈判与协商,明确各自的身份,解决相互之间的冲突,共同制定高效、协同、可靠的解决方案,并且相互协作、付诸实施。特别的,就现在而言,当物品计划和他们所处的本地环境以及所要求的运输环境中的传输装置进行交互时,这种机制将为我们节约很大的人力以及物力成本,同时也将开拓出大量新的商业机遇与产业领域。上面主要说的是信息和服务的发现与搜索问题,然而当我们处于现实的环境之中,信息的请求者(物品),也包括他们的虚拟副本,将经常需要监测物品的实际位置。而这些位置不一定是物品确切所处的



实际地址，很多情况下位置信息将表现为或者抽象为“逻辑的”地址。这些地址既可能是某一位置地址的层次结构，也可能是这些层次结构的联合体，当然，如果幸运的话，位置将以我们常见的 3 维地球空间位置坐标形式而存在。

Some applications in the Internet of Things may need to be able to understand both concepts of location and to access mechanisms for relating logical locations to spatial locations and vice versa, as well as understanding geometric concepts such as intersection and overlap of locations and location boundaries. This is particularly important for the interpretation of sensor data when the available sensors are located at a distance from the thing that is being monitored, since properties such as temperature might not have reached equilibrium between the location of the thing and the location of ambient sensors in the environment.

在这种情况下，物联网中的很多应用必须拥有可以理解位置概念的能力，并且也要求物联网的各种地址模型之间存在若干机制允许在相对于空间的实际位置与其所对应的逻辑地址之间搭建起可逆的对应关系。同时，物联网的某些应用还要求可以解释各种空间关系和几何概念，比如位置的重叠或者是边界的交集等。这种能力将是非常重要的，特别是应用于解释那些来自于传感器的数据的时候。因为，当传感器被安置在距被测物品有一定距离的情况下（比如，可能是由于温度因素，传感器不能靠近待测位置），就需要根据待测物品的实际位置以及传感器的位置判断或者推测物品处于平衡状态时的各种参数与数据。

The Internet of Things will also require the ability for things or the entities that are responsible for them to make assertions about the state of an object in such a way that other things and other entities can discover these assertions about the state of each individual object or the class to which it belongs. For example, an assertion might be made about an event relating to an individual thing such as whether it has been sold, destroyed, lost, found, marked for recall, returned. Assertions might also be made about a class of things, such as reviews, ratings, recommendations, helpful tips and advice or the availability of new services, updates and extensions/capabilities for the things, such as new software or firmware. Additionally assertions can be made about identity of a thing or its relationship with other things, such as assertions about being a peer within a federation of things.

最后，物联网中的物品和对象还要有能力进行断言，并且可以为该断言负责。只有这样其它物品和对象才能通过搜索和发现找到这些断言，并且根据这些断言判断一个物品或者对象的状态与类别。举例来说，断言可能是管理某个独立的物品事件的，比如这个物品有



没有被售出、这个物品是不是已经销毁、这个物品是不是已经被挂失或者遗失的物品是不是已经被找到，抑或物品是不是需要标记为找回以及物品是不是需要进行回收以保护环境，等等，等等。再比如断言可能是用来声明一个物品的类别或者是状态的，像商品的评价、产品的评分、使用建议与要求、物品的用户帮助或者使用技巧，以及针对物品的全新服务和更新功能的可用性等（例如，物品是不是使用了新的软件或者是新的固件版本等）。此外，断言还可以被用来表明一个物品的标识或者这个物品与其它物品之间的关系，就像那些表述物品在一个物品联合体中的对等地位的断言那样。

#### Issues to be addressed:

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- **Device discovery, distributed repositories**  
设备发现技术、资料库/数据库分布式部署技术
- **Positioning and localization**  
物品的定位、本地化以及局域化技术
- **Mapping of real, digital and virtual entities**  
现实物品、数字化的物品以及虚拟的物品之间对应关系建立方式和规则的研究工作
- **Terrestrial mapping data**  
物品的地球地理数据相关技术

## 3.10 Relationship Network Management

### Technologies

#### 关系网络管理技术

The IoT requires managing networks that contains billions of heterogeneous “things”, and where a wide variety of software, middleware and hardware devices exists. Network management technologies cover a wide area of elements including, security, performance and reliability.

物联网需要管理各种网络，而网络中不但存在了数十亿的物品，还存在着海量类型的软件、中间件、系统以及硬件设备。所以未来物



联网的网络管理技术将涵盖广阔的范围，并且需要考虑各种因素，从元素容纳、安全性保证，到性能优化以及可靠性要求，等。

Network management involves distributed databases, repositories, auto polling of network devices, and real time graphical views of network topology changes and traffic. The network management service employs a variety of tools, applications, and devices to assist monitoring and maintaining the networks involved in the IoT applications.

首先，网络管理技术需要涉及分布式数据库/资料集合的管理、网络设备的自动轮询，以及实时网络拓扑变化和网络流量分布的图形界面监控系统。其次，物联网中的网络管理服务，需要开发出各式各样的工具、应用软件和设备，来辅助监控与维护那些参与到物联网及其应用中的各种类型的网络。

Similar to the social network services that are flourishing today on the web, there would be a need for things to form relationships with one another on the networks. These relationships can be formal and official, such as membership within a federation, or they could be loosely based alliances brought upon by an incident or an event.

最后，就像今天在互联网上蓬勃发展的社区网络服务那样，未来物联网的网络管理技术还需要允许物品之间形成各式各样依托于网络的关系。这些关系既可能是传统的、标准的、经典的类型，比如物品对于物品集合的隶属性等；还可能是新颖的、松散类型的关系，比如基于一个意外或者事件所形成的短期临时性联盟结构等。

#### Issues to be addressed:

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- Propagation of memes [18] by things  
以物品作为桥梁的经验和认知<sup>55</sup>传播技术
- Identity, relationship and reputation management  
物品的标识、关系、声誉以及评价管理

---

<sup>55</sup> memes 原指“迷因/文化精髓”[18]，但考虑到这里的意思是通过物品将物品所拥有的智慧传递到有关系的物品和对象上，所以采用了这种翻译方式。



## 3.11 Power and Energy Storage

### Technologies

#### 电源和能量存储技术

The autonomous “things” operating in the IoT applications and performing either the sensing or monitoring of required changes/events need power, to perform the required job.

在未来的物联网（IoT）之中，自主的“物品”要想参与到物联网及其应用之中，要想完成他们在物联网中的各种任务以及工作，就不但需要具有处理和执行能力，而且需要拥有对于情况变化和触发事件的监控能力。而所有这些都需要能源供给的支持。

Micro batteries with enough energy to power the “things” for their lifespan, and energy scavenging technologies that let the “things” collect power from their operating environment are used today.

今天，具有足够能量的微型电池正在为物品提供他们生命周期中所需的电能，并且能量捡拾技术（energy scavenging technologies）<sup>56</sup>也正在如火如荼的发展，以便于物品可以从他们所处的环境中收集能源并且为己所用。

Since that environment has wide variations, depending on where and how the “thing” is used, the power collection methods vary (RF, solar, sound, vibration, heat, etc.).

但是，由于环境是变化的，物品被使用的地点和方式也经常进行调整，所以未来物联网的能源收集方法和手段也将会是多种多样的，比如可以采用射频/无线电、太阳能、声音、震动、热能，等等方式。

The “things” with local power may not use it to send the information, saving power by letting a reader power the transmission. For situations and locations where is it reasonable to have a lot of “things” with sensing capabilities, spaced fairly evenly, mesh networks become a way to increase the communication and power efficiency by including the ability to forward transmissions from the closest “thing”. The reader then only needs to be range of the edge of the network.

出于节能的需要，未来物联网的物品，特别是那些具有本地电源的

<sup>56</sup> 能量捡拾技术（energy scavenging technologies）相关资料请参见：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Energy\\_harvesting](http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_harvesting)（英文）



物品将很少主动发送信息。对于未来物品的能源技术来说，我们要考虑的是如何让物品的读取设备或者是物品所构成的环境来为发送与接收信息支付相应的能量开销。因此，我们有必要开发低功耗的环境信息传递技术。举例来说，就像现在的大热门——无线传感器网络，如果对于特定情况和条件，大量存在具有传感功能的物品，并且空间分布比较均匀。那么，只要读取设备进入到这个网络中来，并经由距离最近的“物品”开始发起传送行为，这个网络的通信功能所消耗的能量就有可能被降低到尽可能低的水平上来。

Power and energy storage technologies are enablers for the deployment of IoT applications. These technologies has to provide high power density energy generation and harvesting solutions that, when used with today's low power nanoelectronics, enables a selfpowered intelligent sensor based wireless identifiable device.

电源和能量存储技术是未来物联网（IoT）及其应用发展和部署的关键引擎。要满足这样的要求，这些技术还要提供高密度能量生产和采集解决方案。同时，当与低功耗纳米电子学技术相结合时，能源技术将会得到全面的升华与提高。就单拿传感器技术来说，上面这种技术的融合就使得我们有希望在未来开发出具有自供电功能的无线可标识智能传感器系统了。

To meet the IoT application's power requirements, a typical energy generation/harvesting units contains four main building blocks the harvester, the conversion electronics, the energy storage, and the energy delivery.

为了适应于未来物联网其应用的能源需要，我们需要研究能量生产和采集技术的相关内容。从现在的研究来看，一个典型的能量生产与采集单元一般需要具有如下四个主要的组成部分：能量采集设备、能量转换设备、能量存储设备以及能量传送装置。希望这种划分可以为我们接下来的研究工作提供一些基础的出发方向。

#### Issues to be addressed:

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- Battery and energy storage technologies  
电池和能量存储技术
- Energy harvesting technologies  
能量采集技术
- Energy consumption mapping; the power technology should allow for fine-grained measurement/estimation of hardware



components in the ‘thing’, such that energy-based priority scheduling software can work.

能源消耗映射与关联技术；允许“物品”可以针对各硬件部件进行细粒度精细能源需求、使用与消耗估计及测量的相关技术，以便于未来物联网中的物品可以根据具体的能量需求安排软件的优先级并且调度相关软件的使用。

## 3.12 Security and Privacy Technologies

### 安全和隐私技术

Two of the main issues in the IoT are privacy of humans and confidentiality of business processes. Because of the scale of deployment, their mobility and sometimes their relatively low complexity, the cloud of ‘things’ is hard to control.

物联网需要面对两个至关重要的问题，那就是个人隐私与商业机密。而物联网发展的广度和可变性，从某种意义上决定了有些时候他只具备较低的复杂度，因此从安全和隐私的角度来看，未来物联网中由“物品”所构成的云将是极其难以控制的。

For confidentiality, established encryption technology exists, and one of the challenges is to make encryption algorithms faster and less energy-consuming. Moreover, any encryption scheme will be backed up by a key distribution mechanism.

对于安全性相关技术，我们将有很多工作需要完成。首先，考虑到现存的很多加密技术，为了确保物联网的机密性，我们需要在加密算法的提速和能耗降低上下功夫。此外，为了保障物联网密码技术的安全与可靠，未来物联网的任何加密与解密系统都需要获得一个或几个统一密钥分配机制的支持。

For small-scale systems, key distribution can happen in the factory or at deployment, but for ad-hoc networks, novel key distribution schemes have only been proposed in recent years.

对于那些小范围的系统，密钥的分配可能是在生产过程中或者是在部署时进行的。但是仅仅对于这种情况，依托于临时自组网络的密钥分配系统，也只是在最近几年才被提出。所以，工作难度和任务量可想而知。

For privacy, the situation is more serious; one of the reasons is the ignorance (regarding privacy) of the general public. Moreover,



privacy-preserving technology is still in its infancy: the systems that do work are not designed for resource-restricted devices, and a holistic view on privacy is still to be developed (e.g, the view on privacy throughout one's life).

对于隐私领域来说，情况就更加的严峻了。从研究和关注度的角度来看，隐私性和隐私技术一直是整个技术和应用发展过程中的短板。其中一个原因当然是公众对于隐私的漠视。而对我们技术人员来说，最大的缺憾将是保护隐私的各种技术还尚没有被成熟的研究与发展出来：首先，现有的各种系统并不是针对资源受限访问型设备而设计的；此外，我们对于隐私的整体科学认知也仅仅处在起始阶段（比如，对于一个人整个生命过程中的隐私的相关认知观点）。

The heterogeneity and mobility of 'things' in the IoT will add complexity to the situation. Also from a legal point of view, some issues remain far from clear and need legal interpretation; examples include the impact of location on privacy regulation, and the issue of data ownership in collaborative clouds of 'things'.

从技术上，物联网物品的多样性和可变性将会增加我们工作的难度与复杂度。而且仅从法律的角度上看，有些事情也还没有完全得到合理的解释。就像隐私法规的合理范围以及物品在物品协作云中的数据所有权等问题就将在相当长的时间内困扰着我们大家。



Figure 5 IoT Security and Privacy

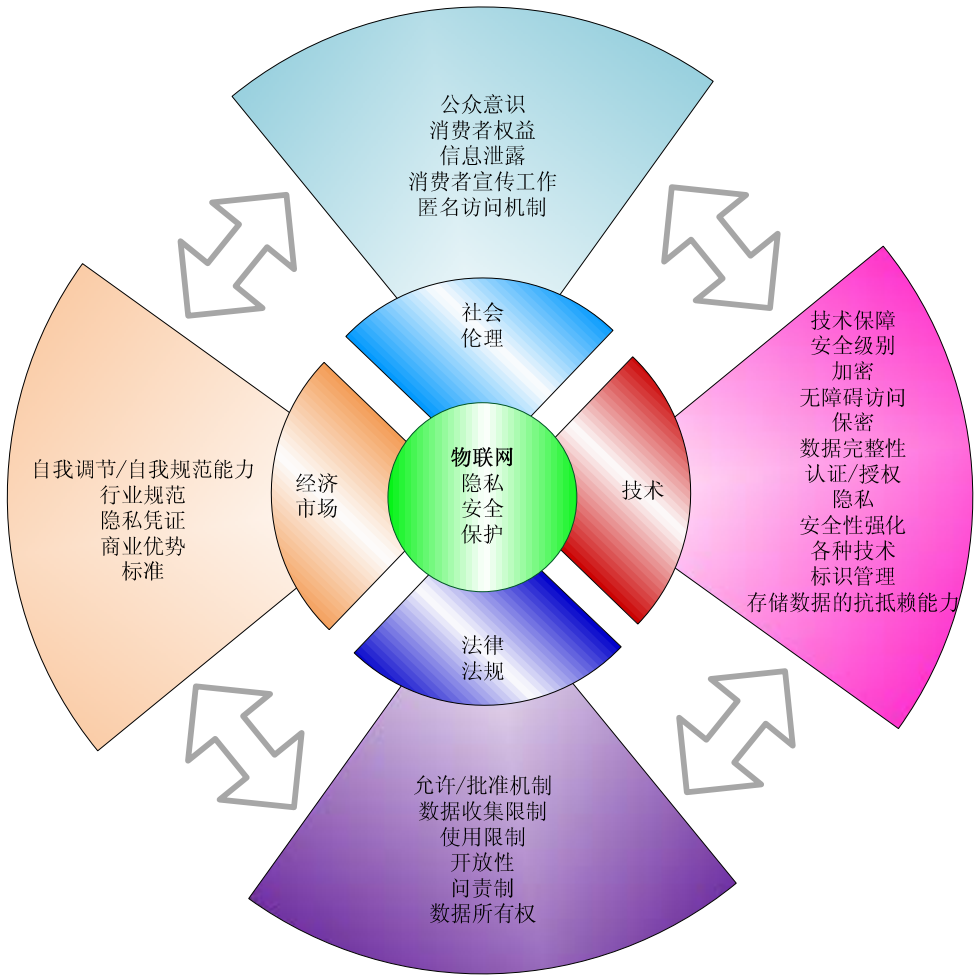


图 5 物联网的安全与隐私技术所需考虑的问题

Network and data anonymity can provide a basis for privacy, but at the moment, these technologies are mainly supported by rather powerful equipment, in terms of computing power and bandwidth. A similar argument can be made for authentication of devices and establishing trust.

对安全与隐私技术领域来说，从现在的研究来看，我们可以相信网络和数据的匿名技术将为物联网的隐私提供某种程度的基础。但是，目前，由于考虑到计算能力和网络带宽的要求，这些技术只有那些功能强大的设备才能够进行支持。所以我们还要努力，不光是更加深入的研究网络与数据的匿名技术，同时要考虑将同样的观点引入到设备授权使用和信任机制建立上来，以促进整个物联网安全以及



隐私技术领域的发展。

**Issues to be addressed:**

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- **Event-driven agents to enable an intelligent/self aware behaviour of networked devices**  
基于事件驱动的代理机制的建立，从而帮助各种联网设备和物品实现智能的自主觉醒和自我认知能力
- **Privacy preserving technology for heterogeneous sets of devices**  
对于各种各样不同设备所组成的集合的隐私保护技术
- **Models for decentralised authentication and trust**  
分散型认证、授权和信任的模型化方法
- **Energy efficient encryption and data protection technologies**  
高效能的加密与数据保护技术
- **Technologies for object and network authentication**  
物品（对象）和网络的认证与授权访问技术
- **Anonymity mechanisms**  
匿名访问机制
- **Security and trust for cloud computing**  
云计算的安全与信任机制
- **Data ownership**  
数据所有权技术

### 3.13 Standardisation

#### 标准化和相关技术

Standards should be designed to support a wide range of applications and address common requirements from a wide range of industry sectors as well as the needs of the environment, society and individual citizens.

不论是未来的物联网标准研发，还是今天的标准化工作都必须遵守



循两个根本准则，那就是：确实可行准则和广泛可行准则。确实可行是指我们研发的标准在技术上是正确的，在方案上是可行的，在叙述上是清楚的，要尽量减少标准技术产生错误和歧义的可能性。广泛可行则是指标准要能够支持很大范围甚至是全球的应用，要可以解决很多行业的一般性需求，要能够使得具备一定条件的公司、组织以及个人可以实现标准中的方案，并且这些方案和技术要是尽可能廉价甚至免费的。同时标准还应顾及环境、社会乃至一般公民的各种需要。这样的标准才是具有生命力的，才是能够推动各行业、各地区、各个国家以及全球经济发展、技术进步的标准化技术。所以在这样的背景下，让我们看一看未来物联网中几个比较重要的标准化内容：

Through consensus processes involving multiple stakeholders, it will be possible to develop standardized semantic data models and ontologies, common interfaces and protocols, initially defined at an abstract level, then with example bindings to specific cross-platform, crosslanguage technologies such as XML, ASN.1, web services etc.

首先，未来的物联网中有一系列标准是我们今天的工作所很难涉及的。我们都知道，未来的物联网中将有很多的技术和应用是基于语义的，那么就要求物联网的标准制定者在未来的工作中可以时刻保持与各种利益相关方的充分协调和沟通，尽可能研发出未来物联网环境下的标准化语义数据模型和语义数据本体，确定通用的接口和协议准则，并在抽象的层面上定义它们。这样，我们就可以将这些语义模型、语义本体、通用标准和协议以及各种物联网应用和实例与各种技术（如：XML技术、ASN.1技术<sup>57</sup>、web services技术）相绑定形成未来物联网环境下完整的可以跨平台、跨语言的技术体系。

The use of semantic ontologies and machine-readable codification should help to overcome ambiguities resulting from human error or differences and misinterpretation due to different human languages in different regions of the world, as well as assisting with cross-referencing to additional information available through other systems.

而且不单标准化工作将帮助形成未来物联网中基于语义的技术体系，本身上面这些工作也将协助我们进行文本编写甚至是标准制定工作。这是由于，在物联网语义技术得到完善的环境下，通过使用语义本体以及机器可读的编纂技术将可以帮助我们在起草和阅读文本的过程中避免由于人为错误或者语言差异而产生的各种不同的理解结果。这样，不论你在世界上的什么地区，不论你使用何种语言，通过参

<sup>57</sup> ASN.1 (Abstract Syntax Notation One) 技术，可以参考下列资料：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Abstract\\_Syntax\\_Notation\\_One](http://en.wikipedia.org/wiki/Abstract_Syntax_Notation_One) (英文)

或者

<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/ASN.1> (中文)



照各种物联网或者未来互联网中的系统所产生的有用附加信息，都将可以减少产生语言歧义的可能性。世界也将变得更容易沟通、更加和谐。

Standards are required for bidirectional communication and information exchange among things, their environment, their digital counterparts in the virtual cloud and entities that have an interest in monitoring, controlling or assisting the things.

其次，物联网的标准化还将包括大量的通信标准制定工作。像物品间的双向通信、物品与物品的信息交换、物品与环境的信息交换、物品与其它数据对等体<sup>58</sup>的信息交换都需要未来物联网的标准化支持。

In addition, the design of standards for the Internet of Things needs to consider efficient and considerate use of energy and network capacity, as well as respecting other constraints such as those existing regulations that restrict permitted frequency bands and power levels for radio frequency communications. As the Internet of Things develops, it may be necessary to review such regulatory constraints and investigate ways to ensure sufficient capacity for expansion, such as seeking additional radio spectrum allocation as it becomes available.

最后，未来物联网的标准化工作还将基于今天的标准化工作，还要尊重现在正在实施的很多标准。当然，这很可能会给我们的工作带来一些限制和麻烦。举个例子，在设计未来物联网中的通信标准的过程中，我们不但要考虑有效的使用能源、提供足够的网络容量，还需要尊重其他的一些约束条件，比如现行法规所规定的无线电频段限制和射频通信电源水平等。所以随着物联网的发展，我们要经常检查所制定的标准和方案是否符合这些监管原则和约束条件，同时要调查这些监管原则和约束条件是否满足物联网对于容量和可扩展性的要求，并在必要时采用像增加分配可能的无线电频段等形式解决遇到的实际问题。

A particular challenge in this regard is ensuring global interoperability particularly for things and devices that make use of radio spectrum. Historically, various bands of radio spectrum have been allocated for various purposes, such as broadcast communications (AM, FM, digital audio broadcasting, analogue terrestrial television, digital terrestrial television), mobile telephony, citizen-band radio, emergency services communications, wireless internet, shortrange radio. Unfortunately, the

---

<sup>58</sup>这些数据对等体既可以来自现实世界中的一般实体，也可以来自未来的虚拟云或者云计算平台，只要这些对等体有兴趣监视、控制或者辅助物品的状态和行为。



frequency band allocations are not exactly harmonised across all regions of the world and some bands that are available for a particular purpose in one region are not available for the same purpose in another region, often because they are being used for a different purpose.

在无线电频段方面，我们将面对一个巨大的特殊挑战，那就是如何保障全球的互操作性，特别是针对那些使用无线电进行通信的物品和设备。从过去的情况来看，很多无线电频段已经被分配在各种用途之上，比如广播通信（AM、FM、数字音频广播、地面模拟电视信号和地面数字电视信号等）、移动电话、市民波段电台（citizen-band radio<sup>59</sup>）、紧急服务通信、无线互联网、短距离无线电通信等。这就是说，无线电频率的分配并不是全世界所有地区协调一致的。即，相同的频率在不同地区的用途可能是不一样的，相同的用途在不同地区使用的频率也可能是不一样的。

Re-allocation of radio spectrum is a slow process, involving government agencies, regulators and international bodies such as the International Telecommunications Union (ITU) as well as regional bodies such as the European Telecommunications Standards Institute (ETSI) or the Federal Communications Commission (FCC). Careful discussions are needed to minimise disruption to existing users of radio spectrum and to plan for future needs. In the meantime, many IoT devices using radio spectrum will need to be capable of using multiple protocols and multiple frequencies. An example of this is the ISO 18000-6C/EPCglobal UHF Gen2 standard, which is implemented using slightly different frequencies within the 860-960 MHz band, depending on the region of operation, as well as different power levels and different protocols (at least initially in Europe, where the Listen-Before-Talk protocol was required).

重新分配无线电频段将是一个非常困难、非常复杂以及非常缓慢的进程。在其中将涉及各种政府机关、监管机构和国际组织。像国际电信联盟（ITU<sup>60</sup>）这样的世界性无线电管理机构以及一些区域性无线电管理机构（如欧洲电信标准协会（ETSI<sup>61</sup>）和美国联邦通信委员

<sup>59</sup>市民波段电台（citizen-band radio）请参见：

[http://en.wikipedia.org/wiki/Citizens'\\_band\\_radio](http://en.wikipedia.org/wiki/Citizens'_band_radio)（英文）

<sup>60</sup> ITU, International Telecommunication Union, 国际电信联盟相关资料请参见：

<http://www.itu.int/>（英文）

或者

[http://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Telecommunication\\_Union](http://en.wikipedia.org/wiki/International_Telecommunication_Union)（英文）

或者

<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E5%9B%BD%E9%99%85%E7%94%B5%E4%BF%A1%E8%81%94%E7%9B%9F>（中文）

<sup>61</sup> ETSI, European Telecommunications Standards Institute, 欧洲电信标准协会相关资料请参见：



会（FCC<sup>62</sup>）都将参与其中。在这个过程中，各方需要进行大量的沟通与协调以及充分仔细的讨论，既要减少对现有用户无线电频率的影响，又要对未来的发展有所规划。期间，使用无线电进行通信的各种物联网设备将不得不支持多重可能的协议以及多种可能的频率。这里有一个典型的例子是现行的ISO 18000-6C标准以及EPCglobal UHF Gen2 标准。其中就使用了 860MHz到 960 MHz之中的几个略为不同的频率。实际应用时，这些频率的选择将取决于所在地区的具体实现，并且需要考虑使用的电源级别和协议情况等（至少最初在欧洲这样的选择是有必要的，特别是当支持Listen-Before-Talk协议时）。

**Issues to be addressed:**

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- **IoT standardization**  
物联网标准化体系
- **Ontology based semantic standards**  
基于语义本体的语义标准研究
- **Standards for communication within and outside cloud**  
云内、云外及云间通信标准的研发

---

<http://www.etsi.org/> （英文）

或者

[http://en.wikipedia.org/wiki/European\\_Telecommunications\\_Standards\\_Institute](http://en.wikipedia.org/wiki/European_Telecommunications_Standards_Institute)

（英文）

或者

<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E6%AC%A7%E6%B4%B2%E7%94%B5%E4%BF%A1%E6%A0%87%E5%87%86%E5%8D%8F%E4%BC%9A> （中文）

<sup>62</sup> FCC, Federal Communications Commission, 美国联邦通信委员会相关资料请参见：

<http://www.fcc.gov/> （英文）

或者

[http://en.wikipedia.org/wiki/Federal\\_Communications\\_Commission](http://en.wikipedia.org/wiki/Federal_Communications_Commission) （英文）

或者

<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E7%BE%8E%E5%9B%BD%E8%81%94%E9%82%A6%E9%80%9A%E4%BF%A1%E5%A7%94%E5%91%98%E4%BC%9A> （中文）



## Chapter 4 Internet of Things Research

### Agenda, Timelines and Priorities

## 第四章 物联网研究计划、研究日程和各项研究内容的优先级

### 4.1 Identification Technology

#### 标识技术

Further research is needed in the development, convergence and interoperability of technologies for identification and authentication that can operate at a global scale. This includes the management of unique identities for physical objects and devices, and handling of multiple identifiers for people and locations and possible cross-referencing among different identifiers for the same entity and with associated authentication credentials.

通过上面的章节，我们已经充分了解了物联网标识技术的重要性，认识到标识技术是物联网最为关键的技术领域之一。标识技术的研究决不是一件简简单单的事情。随着物联网的建设和发展，随着越来越多的物品融入到物联网之中，“物品”的标识和身份认证技术必将变得越来越丰富多彩，同时也必将会遇到越来越多的、各种各样的难点问题和技术挑战。在这一过程中，我们不但要加快新的标识技术和身份认证技术的研发工作，而且要对各式各样的标识系统、身份认证机制的收敛性和互操作性进行深入的探讨——进一步的，我们要争取在一定程度上建立起适应于标识技术的基础理论模型，为我们未来的研究工作提供必要的理论基础与支撑——从而让这些技术在真正意义上满足全球范围内大规模广泛应用的需要。在标识



技术的研究过程中，我们不应该把研究的重点仅仅局限在对于实体（现实世界中的）物品和设备的唯一标识的管理上，像人与位置的多重标识处理问题以及对同一物体不同的标识和各种权限凭证之间的交叉引用问题，等等，也都会成为未来物联网标识技术重点研究的领域。

Frameworks are needed for reliable and consistent encoding and decoding of identifiers, irrespective of which data carrier technology that is used (e.g. whether linear or 2-D barcode, RFID, memory button or other technologies, including those that may be developed in the future). For some applications, it may be necessary to use encrypted identifiers and pseudonym schemes in order to protect privacy or ensure security. Identifiers play a critical role for retrieval of information from repositories and for lookup in global directory lookup services and discovery services, to discover the availability and find addresses of distributed resources.

上面的阐述使我们明确了标识技术的主要研究思路以及重点技术问题，下面让我们把叙述的重点转到未来物联网标识技术的研究内容上来。首先，站在今天的角度上，标识本身已经是多种多样的了，用于承载标识的数据载体技术更加千变万化。所以，不论从现实的角度，还是从实用性的角度来看，未来的物联网都不应该把标识技术绑定在某一种或者某几种数据载体技术之上。反而我们应该建立起一整套可靠的标识生成与解析体系平台。在这个平台上，不论使用什么样的标识，不论使用什么样的数据载体（既可以是一维条码、二维条码、RFID，也可以是纽扣内存（memory button）<sup>63</sup>，或者是那些未来可能被发明出来的其它的数据载体技术，等），都应该保证他们可以进行顺利的编解码，而且应该保障这种编码和解码机制具有高度的一致性。其次，未来物联网的许多应用都要考虑安全风险和隐私问题，所以标识的安全与保密技术，像标识的加密技术以及标识的化名技术（pseudonym schemes）<sup>64</sup>等，也应该被放在我们重

---

<sup>63</sup> 纽扣内存（memory button）：也译作内存按钮，一种纽扣状、按钮状存储，相关资料参见：

<http://www.macsema.com/buttonmemory.htm>（英文）

以及

[http://en.wikipedia.org/wiki/Touch\\_memory](http://en.wikipedia.org/wiki/Touch_memory)（英文）

<sup>64</sup> 标识的化名技术：标识的化名访问技术，资料请参见

[http://www.bridge-project.eu/data/File/BRIDGE\\_WP04\\_security\\_technology\\_roadmap.pdf](http://www.bridge-project.eu/data/File/BRIDGE_WP04_security_technology_roadmap.pdf)（英文）

以及

[http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_credential](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_credential)（英文）

以及

[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=5291612](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=5291612)（英文）

以及



点的研究议事日程之上。最后，标识技术不仅被用于对现实世界中的物品进行唯一标识以明确其身份，标识技术的一个更为关键的作用是辅助物品的搜索与发现服务等技术领域。通过使用标识技术可以帮助未来物联网及其应用在各种各样数据库和信息集合中提取资料；帮助基于未来物联网的全球目录搜索发现服务可以快速、准确地查找信息、检察数据可用性以及检索各种资源的准确地址等。

It is vital that identification technology can support various existing and future identifier schemes and can also interoperate with identifier structures already used in the existing Internet and World Wide Web, such as Uniform Resource Identifiers (URIs).

另外，在我们的研究过程中，一定要牢记这样的事实：标识技术的研究不仅是发展新的标识结构，同时还应该把精力放在标识体系的互操作性上。要让我们研究的标识技术不但可以支撑未来新发展起来的标识体系，同时还要支持今天已经存在的各种各样的标识结构，特别是那些已经在现有的互联网上广泛存在和使用的标识方案（比如，统一资源标识符（URI）等）；要让这些标识系统之间可以互相并存、互相融合并且互相操作，从而帮助我们借助现有已经具有连接能力的各种物品以及它们的标识，推进未来物联网的发展与建设进程。

Further research is needed in development of new technologies that address the global ID schemes, identity management, identity encoding/encryption, pseudonymity, (revocable) anonymity, authentication of parties, repository management using identification, authentication and addressing schemes and the creation of global directory lookup services and discovery services for Internet of Things applications with various unique identifier schemes.

综上所述，未来物联网标识技术的研究，领域广泛、内容丰富。从近一段时间来看我们主要的研究重点应该放在以下的内容之上：全球/全局统一的标识体系的研究，标识的管理技术，标识的编码和解码技术，标识的化名技术，（可撤销的）匿名访问技术，多方认证技术，基于标识、身份认证和寻址结构的数据与信息管理技术，以及如何基于未来物联网及其应用中各种各样唯一标识体系建立全球/全局目录搜索与发现服务等问题。



## 4.2 Internet of Things Architecture

### Technology

#### 物联网架构技术

The Internet of Things needs an open architecture to maximise interoperability among heterogeneous systems and distributed resources including providers and consumers of information and services, whether they be human beings, software, smart objects or devices. Architecture standards should consist of well-defined abstract data models, interfaces and protocols, together with concrete bindings to neutral technologies (such as XML, web services etc.) in order to support the widest possible variety of operating systems and programming languages.

第三章的讨论使我们明确了以下几点：首先，未来的物联网需要一个开放的架构来最大限度的满足各种不同系统和分布式资源之间的互操作性需求。这些系统和资源既可能是来自于信息和服务的提供者，也可能来自于信息和服务的使用者或者客户。而且我们也不能假定，信息和服务的提供者或是使用者一定是人、软件、智能的“物品”，或者是各种设备。这无疑将给研究工作带来相当的复杂性。所以上述这些情况将要求未来物联网的架构技术，以及物联网的架构标准，需要由明确定义的抽象数据模型、数据接口和协议所组成；并且要使这些模型、接口和协议确实的、具体的绑定在各种中立、开放的技术（比如 XML、Web 服务等）之上，以便于整个物联网架构可以得到最为广泛的操作系统以及编程语言的支持。

The architecture should have well-defined and granular layers, in order to foster a competitive marketplace of solutions, without locking any users into using a monolithic stack from a single solution provider. Like the internet, the IoT architecture should be designed to be resilient to disruption of the physical network and should also anticipate that many of the nodes will be mobile, may have intermittent connectivity and may use various communication protocols at different times to connect to the IoT.

其次，未来物联网的架构还需要有良好的、明确定义的、呈现为粒度形式的层次划分。这样做的目标在于培育一个饱含竞争性的解决方案市场。物联网的架构技术应该促进用户丰富的选择权，而不应该将用户锁定到必须使用某一家或者某几家大的、处于垄断地位的解决方案服务提供商所发布的各种应用上。同时，物联网的架构技



术需要设计为可以抵御物理网络中各种中断以及干扰的形式，尽可能将这些情况所带来的影响降低到最小程度。而且，未来的物联网架构还需要考虑到这样一个事实：即，以后网络中的很多节点和网络设备将是移动的。一方面，他们的网络通信能力将往往，甚至必然，是时断时续的和不稳定的。另一方面，这些网络设备与节点也将会，在他们需要与物联网进行连接时，依照时间与地点的差异，使用多种多样不同的通信协议。

IoT nodes may need to dynamically and autonomously form peer networks with other nodes, whether local or remote and this should be supported through a decentralised, distributed approach to the architecture, with support for semantic search, discovery and peer networking. Anticipating the vast volumes of data that may be generated, it is important that the architecture also includes mechanisms for moving intelligence and capabilities for filtering, pattern recognition, machine learning and decision-making towards the very edges of the network to enable distributed and decentralised processing of the information, either close to where data is generated or remotely in the cloud. The architectural design will also need to enable the processing, routing, storage and retrieval of events and allow for disconnected operations (e.g. where network connectivity might only be intermittent). Effective caching, pre-positioning and synchronisation of requests, updates and data flows need to be an integral feature of the architecture. By developing and defining the architecture in terms of open standards, we can expect increased participation from solution providers of all sizes and a competitive marketplace that benefits end users.

最后，从对于未来物联网的架构技术来说，要理解下列几件事情：第一，对于身处未来物联网中的各种节点，他们中的大多数将需要有能力与其他节点一起动态的、自主的组建各式各样的本地或者远程对等网络。物联网的架构技术不但需要为这种组网形式提供支持，而且需要可以通过使用语义搜索技术、语义发现技术和对等网络技术等各种技术手段，将这些对等的网络以分散的、分布式的方式整合到整个物联网的体系结构中来。第二，可以预料到，未来的物联网中产生的数据将是海量的。物联网的架构技术一定要同时支持移动的“智能”与、自主的信息过滤、自主模式识别、自主机器学习以及自主判断决策能力，要让这些能力能够达到各种物联网子网络的边缘地带，而无需考虑数据是在附近产生的还是远程生成的。只有这样做，我们所说的未来基于物联网的分布式、离散信息处理技术才具有实现的可能性。而且也只有这样做，这种技术也才可以真正意义上成为未来物联网整体云计算环境内一种可行的、有效的、合理的、关键的技术手段。第三，在未来物联网架构的设计过程中，



我们要一方面使得基于事件的处理、路由、存储、检索以及引用能力成为可能，另一方面还要允许这些能力可以在离线的、非连接情况（比如，那些网络连接是时断时续的，或者根本没有网络覆盖的地方）下进行操作。上述这些都指向一件事情，那就是要让高效的缓存能力、预先和预约定位能力以及对于请求、状态更新和数据流的同步能力要在未来物联网的整体架构角度上得到支持。综上所述，我们可以相信，未来的物联网的架构技术只要按照上述想法，在一个开放的标准体系下进行定义、开发与研究，就必将使得越来越多的、各种规模的技术研发者、解决方案提供商参与到物联网的建设过程中来，而且也必将使欧洲、其他国家以及来自全球任何一个地方的用户可以充分的享受到，物联网——，这样一个富有竞争性的市场，所带来的各种便利与实惠。

#### Issues to be addressed:

通过本节的讨论，本领域中一些主要的观点和研究内容包括：

- **Distributed open architecture with end to end characteristics, interoperability of heterogeneous systems, neutral access, clear layering and resilience to physical network disruption.**  
未来物联网的架构将是具有端对端特性、不同系统间互操作能力、中立访问能力、明确层次划分以及抗物理网络中断与干扰能力的分布式开放体系结构。
- **Decentralized autonomic architectures based on peering of nodes.**  
未来物联网的架构将是基于对等节点的、分散的、具有自主能力的体系结构。
- **Architectures moving intelligence at the very edge of the networks, up to users' terminals and things.**  
未来物联网的架构技术所支持的移动智能可以遍及到各种网络的边缘，甚至是在各种用户终端和物品上（也就是说让这种移动智能可以贯穿各种网络之中，上至网络边界，下至用户终端与物品）。
- **Cloud computing technology, event-driven architectures, disconnected operations and synchronization.**  
未来物联网的架构技术的主要研究内容将涵盖：云计算技术、事件驱动体系、缺少网络连接能力情况下的操作与数据同步等问题。
- **Use of market mechanisms for increased competition and participation**



在未来物联网架构的搭建过程中，要使用市场机制促进竞争性和参与性。

## 4.3 Communication Technology

### 通信技术

Billions of connected devices are pushing current communication technologies, networks and services approaches to their limits and require new technological investigations. Research is required in the field of Internet architecture evolution, wireless system access architectures, protocols, device technologies, service oriented architecture able to support dynamically changing environments, security and privacy. Research is required in the field of dedicated applications integrating these technologies within a complete end to end system.

在通信技术领域，今天，数以亿计的网络通信设备已经将我们现有的通信技术、通信网络和通信服务模式推向了他们的极限。所以为了建设未来的物联网，我们必须开展大量的研究工作：首先，我们要对那些今天业已成熟的通信技术进行调查和评估，尽力使他们可以适应未来的需要；其次，我们要对现在已经有了初步设想但还处在研发阶段的各种通信技术进行完善，使他们可以承载日益丰富的需求；最后，也是最为重要的是开展新型通信技术的研发工作，使得物联网可以在一个稳定、坚固、发展的通信网络环境中茁壮成长。从研究内容来看，我们一方面要努力进行各种技术研究工作，在物联网通信体系结构的演化与发展、无线系统访问架构、通信协议、通信设备技术、通信的安全性及保密性技术以及能够自主适应动态环境变化的面向服务架构等技术领域中投入精力；另一面，还需要在应用领域的探索上下大力气，努力寻找那些可以将上述各种技术整合进完整端对端系统结构的各种专有应用方向。

In the Internet of Things the following topics related to communication technology have to be considered:

从短期来看，在未来物联网通信技术的研究过程中，下面这些内容将是我们研究的重点：

- **Communication to enable information exchange between “things” and between “things” and Internet**  
发展“物品”与“物品”之间以及“物品”与网络之间可以方便的进行信息交换的各种通信技术。

- **Communication with sensors for capturing and representing the physical world in the digital world**  
发展传感器与传感器之间以及传感器与物联网系统之间的各种通信技术，使得通过这些通信技术，传感器和探测设备可以将它们记录到的数据用来在数字化的世界中呈现现实世界的真实状态和完整情况。
- **Communication with actuators to perform actions in the physical world triggered in the digital world**  
开展驱动装置之间以及驱动装置与物联网系统之间的通信技术研究工作，通过这些通信技术，物联网可以依据数字化世界中的各种决策和状态变化触发并驱动现实世界中的驱动装置进行操作、完成任务。
- **Communication with distributed storage units for data collection from sensors, identification and tracking systems**  
开展各种分布式数据存储单元之间以及他们与物联网系统之间的通信息技术研究工作，其中这些分布式数据存储单元将用来收集来自于传感器、探测设备、标识以及状态监控系统的各种数据。
- **Communication for interaction with humans in the physical world**  
发展那些可以满足现实世界中人与人之间各种交互需求的物联网通信技术。
- **Communication and processing to provide data mining and services**  
开展用来提供数据挖掘和数据服务的各种通信技术和处理技术的研发工作。
- **Communication for localization and tracking for physical world location determination and tracking**  
发展适应于定位和追踪需要的各种通信技术，以使得通过这些技术可以进行现实世界中的地点判断和位置监控。
- **Communication for identification to provide unique physical object identification in the digital world**  
与标识技术相适应的通信技术的研究工作，使得可以通过这些通信技术在数字化世界中为现实世界中的各种物品提供唯一标识和身份认证。

In the IoT the range of connectivity options will increase exponentially and the challenges of scalability, interoperability and ensuring return on



investment for network operators will remain.

可以预见，未来的物联网中网络连接方式将会越发的多种多样。面对多样化的网络通信方式，如何保障网络的可扩展性和互操作性，如何保证网络运营商投入成本可以得到合理的收益，将是未来物联网建设过程中我们需要始终面对的问题与挑战。

In this context the communication needs will change and new radio and service architectures will be required to cater for the connectivity demands of emerging devices. The frequency spectrum will have to be adapted to the new bandwidth requirements.

同时，在这种情况下，通信需求也将随之发生变化。一方面，为了新型设备网络连接的需要，我们需要提出新的无线电体系和服务结构；另一方面，各种无线电通信频段的分配也将不得不进行调整来适应全新的网络带宽需求。

Issues to be addressed:

通过本节的讨论，物联网通信技术领域中一些需要解决的问题和主要研究内容将涵盖：

- **Internet of Things energy efficient communication multi frequency protocols, communication spectrum and frequency allocation.**  
如何实现在多重频率协议、通信频段和无线电频段分配之上的基于物联网的高效、节能通信方式。
- **Software defined radios to remove need for hardware upgrades when new protocols emerge.**  
开展可软件定义的无线电技术的研发工作，以便减少当新协议出现时硬件的升级需要。
- **Connectionless communications, even beyond IP.**  
解决缺少网络连接情况下的通信问题，甚至要独立于或者是超越于今天的 IP 技术。
- **High performance, scalable algorithms and protocols**  
高性能、可扩展算法和协议技术的研究工作。

## 4.4 Network Technology

### 网络技术

The evolution and pervasiveness of present communication



technologies has promised to revolutionize the way humans interact with their environment. The Internet of Things is born from this vision in which objects form an integral part of the communication infrastructures that wire today's world. For this vision to be realized, the Internet of Things architecture needs to be built on top of a network structure that integrates wired and wireless technologies in a transparent and seamless way. Wireless network technologies have gained more focus due to their ability to provide unobtrusive wire-free communication. They have also become the leading area of research when combined with data collecting technologies used for environmental and object monitoring.

今天，通信技术的普及和发展进程无疑在向我们昭示这样一个事实：那就是随着通信技术的演化，随着网络通信的普及，我们人类与自己所处环境间的交互方式将发生根本的彻底性改变。未来的物联网将为我们展示这样一幅场景，在那里，世界上千千万万的物品将成为网络基础通信设施中不可分割的组成部分，而我们今天所说的现实世界也将被这些物品从根本上连接到一起。要实现这样的愿景，我们任重道远，单从本节所涉及的内容来看，就要求物联网的基础架构应该被建立在一个集成了从有线到无线等多种网络通信技术的透明的、可无缝连接的网络基础结构之上。从现实角度出发，有线网络技术已经得到了相当的普及和深入的研究，所以在未来相当长的一段时间内，我们对于网络技术的研究将着重于无线网络技术之上。理由当然是不言而喻的，无线网络技术之所以会成为研究的主流领域，一方面是由于它可以为我们提供丰富的网络通信功能而无需受线路的影响；另一方面也是由于这种网络连接方式非常的迷人，特别是当它与其他技术（如监控技术和数据采集技术等）相结合时，将可以在无声无息的情况下实现对于整个环境、所有物品以及任一对象的状态监控与信息收集。

In this regard, wireless sensor networks promise low power, low cost object monitoring and networking, constituting a fundamental technology for the evolution towards a truly embedded and autonomous Internet of Things.

就上面所讨论的无线技术而言，今天大众普遍关注的、研究者们广泛投入精力的一种无线网络技术是无线传感器网络技术，或者也可以被称为无线传感网络技术。这种技术力求实现一种低功耗、低成本的物品状态监控和物品网络通信解决方案，从而争取在一定的时间内满足于构建一个真正意义上的可嵌入的与自动化的物联网所需要的必要条件。所以，近期，无线传感网络技术将会是物联网发展、演化进程中，无线网络技术领域一个主要的研究领域和研究方向。

Research is needed on networks on chip technology considering on chip



communication architectures for dynamic configurations design time parameterized architecture with a dynamic routing scheme and a variable number of allowed virtual connections at each output).

除了无线传感网络技术，作为未来物联网的基础实现条件之一，网络技术领域的研究内容将涵盖很广的范围：首先，我们要开展片上网络通信技术的研究工作，实现各种各样的片上网络通信体系结构。要让这些片上网络通信体系结构在一个动态的路由环境中和在各个输出端都允许大量虚拟连接存在的情况下，可以进行动态的配置和设计时间的参数化调整。

Scalable communication infrastructure on chip to dynamically support the communication among circuit modules based on varying workloads and/or changing constraints.

其次，我们要在芯片上实现可扩展的网络通信设施，从而可以根据实时变化的工作负荷以及随时改变的限制条件对电路模块之中以及电路模块之间的通信提供动态的支持。

Power aware networks that turned on and off the links in response to bursts and dips of traffic on demand.

再者，我们要进行能源感知网络的研究工作，让未来物联网中的物品可以根据通信流量的实际峰谷情况、按照具体需要打开或者关闭网络连接。

IP provides today the protocol for implementing IoT applications. More research is required for IP technology and eventually the development of different post IP protocols optimized for IoT, compatible and interoperable with the exiting IP technologies.

最后，今天的 IP（互联网协议）技术已经为我们如何实现物联网及其应用中的协议，提供了一种非常值得借鉴的成功模式。我们要继续 IP 技术领域的工作，并且最终构建起可以满足于未来物联网发展和演化需要的下一代 IP（Post-IP）技术。在下一代 IP（Post-IP）技术的研究过程中，我们不但要让他与现有技术存在差异以满足物联网环境中的各种需求和针对物联网的优化需要，同时也是最为重要的是让下一代 IP（Post-IP）技术与今天已经存在的 IP 技术相互兼容并可以具有互操作性，保障物联网可以在一个平稳的环境中得到逐步的实现和可持续的发展。

#### Issues to be addressed:

通过本节的讨论，物联网网络技术领域中一些需要解决的问题和主要研究内容将涵盖：

- Network technologies (fixed, wireless, mobile etc.),



网络技术（固定网络技术、无线网络技术、移动网络技术，等等）

- Ad-hoc and wireless sensor networks  
临时组建网络技术和无线传感网络技术
- Autonomic computing and networking  
自动化网络计算技术和自主联网技术
- Development of the infrastructure for “Network of Networks” capable of supporting dynamically small area and scale free connections and characteristics (typical social communities).  
发展动态支持小范围和自由规模连接以及特性（特别是社区网络）的满足“网络中的网络”条件的网络基础设施技术
- Password and identity distribution mechanisms at the network level  
网络级别的密码和标识分配机制
- Anonymous networking  
匿名联网技术
- IP and post IP technologies  
IP 技术和下一代 IP（Post-IP）技术

## 4.5 Software, Services and Algorithms

### 软件、服务和算法技术

Only with appropriate software will it be possible that the Internet of Things comes to life as imagined, as an integral part of the Future Internet. It is through software that novel applications and interactions are realized, and that the network with all its resources, devices and distributed services becomes manageable. For manageability, the need for some sort of self-configuration and auto-recovery after failures is foreseen.

不言而喻，作为未来互联网的一个不可分割的组成部分，只有与相应的软件相结合，未来的物联网才有可能从我们的想象变为现实。同时也只有通过软件领域的技术进步，我们今天所想的各种新颖应用模式和交互类型才能够得以实现，并且网络以及他之中的各种资源、设备与分布式服务才可以为我们人类所掌控。所以，软件、服



务和算法技术领域的研究将是十分重要的，工作也将是异常繁重的。单就管理性而言，我们就可以预见以前一些我们并没有充分涉足的领域，比如使软件具有某种程度上的自主配置能力以及在发生问题后具有一定的自我恢复能力等，将会马上变成我们即将面对的技术问题和研究方向。

Services play a key role: They provide a good way to encapsulate functionality – e.g., abstracting from underlying heterogeneous hardware or implementation details – , they can be orchestrated to create new, higher-level functionality, and they can be deployed and executed in remote locations, in-situ on an embedded device if necessary. Such distributed execution of service logic, sometimes also called distributed intelligence, will be key in order to deal with the expected scalability challenges.

虽然研究工作任重道远，但是我们已经站在了不错的起跑位置上。通过近几年的研究，我们可以确定服务将在未来物联网中扮演着关键的角色：首先，他们可以提供了一种很好的方式来封装各种系统功能，比如，可以从各式各样的底层硬件或者具体实现细节中抽象出通用算法来加以实现并且反复应用；其次服务可以进行自主的协调以创造出新的、更高等级的服务功能；并且如果需要的话，服务还可以在远程位置执行，或者在嵌入式设备中的恰当位置进行部署。我们完全有理由相信，通过这些分布式部署和执行的服务逻辑，有时候也被称为分布式智能，我们将可以解决未来物联网的可扩展性中最为关键的主要问题。

Issues to be addressed include:

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- **Service discovery and composition**  
服务发现机制和组合算法的研究工作。
- **Semantic interoperability, semantic sensor web etc.**  
语义互操作性、语义传感器门户网络等的研究工作。
- **Data sharing, propagation and collaboration**  
数据共享、传播和协作算法与规则的研究工作。
- **Autonomous agents**  
自动代理机制的研究工作。
- **Human machine interaction**  
人机交互方式的研究工作。



- **Self management techniques to overcome increasing complexities and save energy**  
自动管理技术的研究工作，以解决日益增长的复杂性需求和节约能源等问题。
- **Distributed self adaptive software for self optimization, self configuration, self healing**  
具有自我优化、自主配置、自动修复功能的分布式自适应软件的研发工作。
- **Lightweight and open middleware based on interacting components/modules abstracting resource and network functions;**  
基于交互式组件型/模块化抽象网络资源和网络功能的轻量级开放中间件的研发工作。
- **Energy efficient micro operating systems**  
高效节能的微型操作系统的研发工作。
- **Software for virtualisation**  
虚拟化软件技术。
- **Language for object interaction**  
用于物品交互行为的语言技术研究。
- **Bio-inspired algorithms (e.g. self organization) and solutions based on game theory (to overcome the risks of tragedy of commons and reaction to malicious nodes)**  
仿生算法（如自组织算法）和博弈理论（用来解决像公共财产悲剧和恶意结点攻击等问题）的研究工作。
- **Algorithms for optimal assignment of resources in pervasive and dynamic environments**  
在各种各样动态变化的环境中最优化以及最佳资源分配算法的研发工作。
- **Mathematical models and algorithms for inventory management, production scheduling, and data mining.**  
针对资产管理、生产调度和数据挖掘的数学模型和算法技术。

## 4.6 Hardware

### 硬件技术

The developments in the area of IoT will require research for hardware adaptation and parallel processing in ultra low power multi processor system on chip that handle non predictable situations at design time with the capability of self adaptiveness and self organization. Research and development is needed in the area of very low power field-programmable gate array hardware where the configuration (or parts of it) is changed dynamically from time to time to introduce changes to the device. Context switching architectures, where a set of configurations are available and the device between switch between them depending on the defined using context.

物联网的建设和发展毫无疑问需要硬件适应能力、并行处理能力等领域研究的支持，特别是对于片上极低功耗多处理器系统来说，我们要在设计时就充分考虑自动适应和自主组织等能力的要求，以应付未来物联网环境中各种各样无法预知的环境以及情况。我们还需要在极低功耗的现场可编程逻辑阵列（FPGA）领域进行努力，开发出可以完全自主改变配置，或者是一部分可以进行自主参数调整的硬件元器件，以便让未来物联网中的设备可以随时根据环境的变化自主地进行各项所需的调整工作。同时，我们还要开发出上下文切换体系结构，从而让物联网中的物品可以根据预先定义的场景以及设备之间的相互关系，自主地在一系列配置参数之间进行转换。

Research is needed for very large scale integrated (VLSI) circuits containing scalable cognitive hardware systems that are changing the topology mapped on the chip using dedicated algorithms.

超大规模集成电路(VLSI)领域的研究,特别是对于具有可扩展能力、感知能力和自主认知能力的硬件系统的研发工作,将通过使用专有的特殊算法彻底改变现有芯片上的各种映射规则与拓扑关系。

Self adaptive networks on chip that analyzes itself during run time and self adapts are required for IoT applications. Such run time adaptive network on chip will adapt the underlying interconnection infrastructure on demand in response to changing communication requirements imposed by an application and context.

最后，具有自适应能力以及运行时自主分析能力的片上自适应网络元件和体系将伴随着物联网及其应用的各种需求而发展起来。通过这些片上自适应网络元件与体系，未来物联网中的基础通信和交互



设施将可以根据环境和应用中不断变化的通信需求自主的进行适当的响应。

**Issues to be addressed:**

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- **Nanotechnologies- miniaturization**  
纳米技术——设备和电路的微型化以及精巧化
- **Sensor technologies – embedded sensors, actuators**  
各种传感器技术——嵌入式传感器技术、嵌入式驱动装置技术
- **Solutions bridging nano and micro systems.**  
衔接纳米和微系统的各种技术解决方案
- **Communication – antennas, energy efficient RF front ends**  
通信技术——天线技术、高效节能的射频（RF）前端技术
- **Nanoelectronics – nanoelectronics devices and technologies, self configuration, self optimization, self healing circuit architectures.**  
纳米电子学——纳米电子元器件设备和纳米电子元器件技术，具有自主配置、自我优化自动修复能力的电路体系结构。
- **Polymer electronics**  
聚合物电子学
- **Embedded systems - micro energy microprocessors/microcontrollers, hardware acceleration**  
嵌入式系统——微能源消耗和供给的微型处理器/微型控制器技术、硬件加速技术
- **Spintronics**  
自旋电子学
- **Low cost, high performance secure identification/authentication devices**  
低成本、高性能的安全识别/认证设备
- **Low cost manufacturing techniques**  
低成本硬件制造技术
- **Tamper-resistant technology, side-channel aware designs**



防篡改、抗干扰技术，在旁侧信息通道上具有感知能力或者具有警觉性的硬件设计技术

## 4.7 Data and Signal Processing Technology

### 数据和信号处理技术

In the context of Internet of Things the devices that are operating at the edge are evolving from embedded systems to cyber physical and web enabled “things” that are integrating computation, physical and cognitive processes. Cognitive devices, embedded computers and networks will monitor and control the physical processes, with feedback loops where physical processes affect computations and cognitive processes and contrariwise. This convergence of physical computing and cognitive devices (wireless sensor networks, mobile phones, embedded systems, embedded computers, micro robots etc.) and the Internet will provide new design opportunities and challenges and requires new research that addresses the data and signal processing technology.

在物联网之中，各种网络中的设备，特别是那些在网络边缘运行的设备，将经历从嵌入式系统向集物理网络连接功能与网络信息提供能力于一身的“物品”的转化。这些新一代的物品将真正成为整合了计算、现实处理过程以及感知处理流程的物联网自主参与主体。在这些物品之中，感知设备、嵌入式系统和嵌入的网络功能将被有机的组合到一起。通过监视和控制现实的处理过程，上述三个基本功能将会构建起一整套完善的反馈循环机制：一方面，现实的处理过程将会影响计算和感知处理流程的各种决策与判断；反过来，感知处理流程已将根据自己的判断影响现实处理过程的步骤以及实现方式。可以想见，随着实际计算、感知设备（如无线传感器网络、移动电话、嵌入式系统、嵌入式计算机/电脑、微型机器人等）以及网络技术在未来物联网中更加紧密地相互结合到一起，无疑将为我们未来的研究工作和商业拓展创造出全新的机遇以及挑战。其中，就本节所讨论的内容而言，可以这样说，物联网的数据与信息处理技术领域所面对的问题和研究的内容将是极其丰富精彩的。

A typical feature of to cyber physical and web enabled “things” will the heterogeneity of device models, communication and cognitive capabilities. This heterogeneity concerns different execution models (synchronous, asynchronous, vs. timed and real-timed), communication



models (synchronous vs. asynchronous), and scheduling of real time processes.

在这个领域的研究之中，未来物联网中那些具有物理网络连接能力以及网络信息提供功能的物品将具有典型的设备模块化能力、通信能力以及认知能力。这就要求物联网的数据和信号处理技术需要充分考虑到这种多样性的需求，时刻关注各种不同的运行模型（即可以是同步的或者异步的，也可以是定时的或者是实时的）、通信模式（同步的或者异步的）以及实时的进程调度方式等内容。

Issues to be addressed:

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- Semantic interoperability, service discovery, service composition, semantic sensor web, data sharing, propagation and collaboration, autonomous agents, human machine interaction  
语义互操作性问题，服务发现机制，服务整合机制，语义传感器门户网络技术，数据共享、传播和协作规则，自动代理机制，人机交互技术，等。

## 4.8 Discovery and Search Engine

### Technologies

#### 发现和搜索引擎技术

The Internet of Things will consist of many distributed resources including sensors and actuators, as well as information sources and repositories. It will be necessary to develop technologies for searching and discovering such resources according to their capabilities (e.g. type of sensor / actuator / services offered), their location and/or the information they can provide (e.g. indexed by the unique IDs of objects, transactions etc.). Search and discovery services will be used not only by human operators but also be application software and autonomous smart objects, in order to help gather complete sets of information from across many organisations and locations, as well as discovering what ambient infrastructure is available to support smart objects with their needs for transportation and handling, heating/cooling, network communication and data processing. These services play a key role in the mapping between real entities such as physical objects and in the



assembly of their digital and virtual counterparts from a multitude of fragments of information owned and provided by different entities. Universal authentication mechanisms will be required, together with granular access control mechanisms that allow owners of resources to restrict who can discover their resources or the association between their resource and a specific entity, such as a uniquely identified physical object.

物联网中存在海量的分布式资源（包括传感器、探测设备和驱动装置等）。我们需要发展起完整的技术体系，使得未来物联网中的物品可以根据自身的特定能力、所处的环境情况（比如传感器的类型、驱动装置的状态以及服务的提供情况等）以及他们的位置对这些普遍存在的信息和数据进行独立的或者类别化（比如根据来自物品唯一标识或者传输状态的相关状态索引等信息）的搜索与发现。物联网的搜索与发现服务将不仅服务于我们人类，方便我们进行各种操作。同时，这些搜索与发现服务也将为各种软件、系统、应用以及自动化的物品所使用，帮助他们收集各种分布于成千上万组织、机构、地点位置的完整信息和状态数据，帮助他们明确所处环境中的基础设施配备情况，满足智慧物品的运动、操作、加热或者制冷，以及网络通信与数据处理等的需求。这些服务将在现实世界中的物体和实体对象与他们的数字化副本以及虚拟对等体之间对应关系的建立过程中起到至为关键的作用。而且，这种对应关系的建立将通过收集多方、不同物品之间众多支离破碎的信息和数据而形成的。在搜索和发现服务的研发过程中，通用的身份验证机制是必须的。通用身份验证机制与细粒度的访问控制机制整合到一起将可以允许物联网中的资源持有者限制具体物品的发现权限，控制哪些物品或者人员可以使用他们的资源或者和他们所持有的特定物品（比如一个存在唯一标识的物品）之间建立起关联。

For efficient search and discovery, metadata and semantic tagging of information will be very important and there are significant challenges in ensuring that the large volumes of automatically generated information can be automatically and reliably without requiring human intervention. It will also be important that terrestrial mapping data is available and cross-referenced with logical locations such as postcodes and place names and that the search and discovery mechanisms are able to handle criteria involving location geometry concepts, such as spatial overlap and separation.

最后，出于搜索与发现效率的考虑，未来物联网中的信息将很可能是存在元数据结构或者语义标记的。但是这样做将使我们面对重大的挑战，那就是如何保证未来物联网中海量的自动生成信息可以被自动的、可靠的发现和查找出来，而无需人为参与其中。此外，在本领域中还有几件同样重要的事情，那就是：如何在地球地理数据



(当可用的时候)与逻辑位置和地址(比如, 邮政编码、地名等)之间建立交叉引用关系; 如何通过搜索和发现服务处理标准的几何概念和位置规则(比如, 空间位置的重叠、区域的分割或者分离, 等), 等。

**Issues to be addressed:**

通过本节的讨论, 本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括:

- **Device discovery, distributed repositories**  
设备发现技术、资料库/数据库分布式部署技术
- **Positioning and localisation**  
物品的定位、本地化以及局域化技术
- **Mapping of real, digital and virtual entities**  
现实的物品、数字化的物品以及虚拟的物品之间对应关系的建立方式和构建规则的研究工作
- **Terrestrial mapping data**  
物品的地球地理数据相关技术
- **Semantic tagging and search**  
语义标记技术以及相关的搜索与发现服务技术
- **Universal authentication mechanisms**  
通用的身份验证机制

## 4.9 Relationship Network Management

### Technologies

#### 关系网络管理技术

With many of Internet of Things and Internet of Services applications moving to a distributed seamless architecture the future application manager needs to monitor more than just the infrastructure. The Internet of Things must incorporate traffic and congestion management. This will sense and manage information flows, detect overflow conditions and implement resource reservation for time-critical and



life-critical data flows. The network management technologies will need depth visibility to the underlying seamless networks that serves the applications and services and check the processes that run on them, regardless of device, protocol, etc. This will require identifying sudden overloads in service response time and resolving solutions, monitoring IoT and web applications and identify any attacks by hackers, while getting connected remotely and managing all “things” involved in specific applications from remote “emergency” centres.

随着许许多多物联网（IoT）及服务网络（IoS）中的应用被移植到未来物联网分布式的无缝体系结构中来，未来的应用管理者所监控的内容将不再局限于基础设施和相关设备的管理上了。首先，我们需要将物联网中网络交通流量和拥堵处置管理技术整合到一起。这样，一方面使得信息的流动可以为我们所控制，且方便于可视化的要求；另一方面，将允许物联网的网络管理技术可以实时的检查各种溢出条件，以便在关键的生命周期时间点上为重要数据预留必要的网络资源。其次，未来物联网的网络管理技术还要求着重考虑各种底层无缝连接网络之间的能见度和可视性。以便，这些为各种应用与服务提供支持的网路，可以动态的检查运行于他们之上的各种进程，而无需顾忌具体设备类型和协议种类等因素。最后，当与各种远程“紧急情况处理”中心取得连接或者取得权限可以管理特定应用中所有物品时，未来的网络管理技术还需要做到以下两点：其一，确定服务响应时间中各种突发意外情况以及超负荷工作状态，自主地提出相应的解决方案；其二，监控物联网以及各种网络应用中危害安全的行为，追踪黑客攻击的来源与地点。

#### Issues to be addressed:

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- **Propagation of memes by things**  
以“物品”作为桥梁的经验和认知<sup>65</sup>传播技术
- **Identity, relationship and reputation management**  
物品的标识、关系、声誉以及评价管理

---

<sup>65</sup> 请参见脚注 55



## 4.10 Power and Energy Storage

### Technologies

#### 电源和能量存储技术

Objects require a digital “self” in order to be part of the Internet of Things. This participation is obtained by combining electronic, embedded and wireless communication technologies into the physical objects themselves. Simple digitalization alternatives, such as bar code and passive RFID, do not require a power source on the embedded devices. More complex alternatives, such as those that provide active communications and object condition monitoring, need batteries to power the electronics that make the objects first class citizens of the IoT. 为了成为物联网的一份子，“物品”需要在物联网中拥有一个数字化的“自我”。而这种参与方式往往是通过将电子技术、嵌入式技术和无线通信技术进行组合，并附加到现实世界的物品之上来得以实现的。简单的数字化副本技术，比如条码或者是被动式 RFID 标签等，他们并不需要电源来支持就能发挥作用；然而对于那些复杂一点的对象来说，比如那些需要提供活动连接或者是负责监控对象状态的物品，就必须依靠电池的帮助，来满足他们作为未来物联网最为活跃的一类成员，所必须完成的各种工作。

Energy storage has become one of the most important obstacles to the miniaturization of electronic devices, and today’s embedded wireless technologies such as Wireless Sensor Networks and Active RFID suffer from either bulky packaging to support large batteries or from short life times, that will require recharging or replacement of the integrated batteries. In order for the IoT to succeed in providing truly embedded and digital object participation, it is necessary to continue with the research on miniature high-capacity energy storage technologies. A solution that could bypass the shortcomings of energy storage is the harvesting of energy from the environment, which would automatically recharge small batteries contained in the objects.

所以，能源技术将是未来物联网面对的重大技术挑战，也将是支撑物联网发展的关键技术研究领域之一。在物联网的能源技术研究内容中：首当其冲的是能量存储技术。从现在的情况看，能量存储已经成为电子设备小型化以及精巧化过程中最受重视的技术障碍之一。当今的嵌入式无线技术，例如无线传感器网络以及主动式 RFID 标签，都在忍受着笨重的大容量电池组所带来的负担，并且在容忍着短暂



生命周期内频繁充电或者频繁更换电池所带来的种种尴尬。未来的物联网要想成功的实现让真正的嵌入式、数字化物品参与其中，就必须在微型大容量能量存储技术上取得突破。而从实现方式上，一种解决方案就是跳过存储能量的诸多问题，直接从环境中汲取能源，从而使物品的电池可以更加小巧，并且有能力进行自动的充电行为。

Energy harvesting is still a very inefficient process that would require a large amount of research. Sources for energy harvesting in embedded devices could include, among others, vibration, solar radiation, thermal energy, etc.

但是，能量采集技术仍然还只是一个非常低效的过程，所以我们在能源技术领域的道路还很漫长。不过，今天的工作正为我们明确前进的方向：首先，能量采集技术应该不仅仅局限在原有的能量源上，像震动、太阳辐射、热能等等，都应该成为我们接下来尝试的方向。

Micro power technologies have emerged as a new technology area that can provide many development opportunities for IoT devices.

其次，微型发电技术将成为我们下一个新兴的能源技术领域，将为下一代物联网设备提供全新的发展机遇。可以这样说，随着我们在物联网能源技术领域的努力，随着物联网能源技术的发展，物联网将不再遥远，物联网将成为人类社会下一时代的基础支撑平台之一。

Research topics and issues that need to be addressed include:

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- Energy harvesting/scavenging for MEMS devices and Microsystems  
基于微电子机械系统设备（MEMS）<sup>66</sup>和微型软件系统的能源采集与获取技术
- Electrostatic, piezoelectric and electromagnetic energy conversion schemes  
静电、压电和电磁能量转换体系的研究工作
- Thermoelectric systems and micro coolers  
热电系统和微型冷却器的研究工作
- Photovoltaic systems

<sup>66</sup> 微电子机械系统设备（MEMS）相关资料请参见：  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Microelectromechanical\\_systems](http://en.wikipedia.org/wiki/Microelectromechanical_systems)（英文）



### 光伏系统<sup>67</sup>

- Micro fuel cells and micro reactors  
微型燃料电池和微型反应堆技术
- Micro combustion engines for power generation and propulsion  
用于电能生产和电能驱动的微型内燃机技术
- Materials for energy applications  
用于能源应用的材料技术
- Micro power ICs and transducers  
微功率集成电路和能量转换系统
- Micro battery technologies  
微型电池技术
- Energy storage and micro super capacitor technologies  
能量存储和微型超级电容（器）技术

## 4.11 Security and Privacy Technologies

### 安全和隐私技术

Internet of Things needs to be built in such a way as to ensure an easy and safe user control. Consumers need confidence to fully embrace the Internet of Things in order to enjoy its potential benefits and avoid any risks to their security and privacy.

要想让消费者全面的投入未来物联网的怀抱，要想让用户充分体验未来物联网所带来的巨大潜在优势，要想让未来物联网的参与者尽可能避免通用性网络基础平台所带来的各种安全性与隐私性风险，物联网就必须实现这样一种方式，可以简便而安全的完成各种用户控制行为。也就是要求未来物联网的技术研究工作充分考虑安全性和隐私性等内容。

In the IoT every ‘thing’ is connected to the global Internet and ‘things’ are communicating with each other, which results in new security and privacy problems, e. g., confidentiality, authenticity, and integrity of

<sup>67</sup> 光伏系统（Photovoltaic system）相关资料请参见：  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_system)（英文）



data sensed and exchanged by ‘things’. Privacy of humans and things must be ensured to prevent unauthorized identification and tracking. In this context, the more autonomous and intelligent “things” get, problems like the identity and privacy of things, and responsibility of things in their acting will have to be considered.

在未来的物联网之中，每一个物品都会被连接到一个全球统一的网络平台之上，并且这些物品又在时时刻刻的与其它物品之间进行着各式各样的交互行为，这无疑会给未来的物联网带来形式各异的安全性和保密性挑战。比如，物品之间可视性和相互交换数据过程中所带来的数据保密性、真实性以及完整性问题，等等。传统意义上的隐私是针对于“人”而言的。但是在物联网的环境中，人与物的隐私需要得到同等地位的保护，以防止未经授权的识别行为以及追踪行为的干扰。而且随着“物品”自动化能力以及自主智慧的不断增加，像物品的识别问题、物品的身份问题、物品的隐私问题，以及物品在扮演的角色中的责任问题将成为我们重点考虑的内容。

The Internet of Things will challenge the traditional distributed database technology by addressing very large numbers of “things” that handle data, in a global information space and a universal data space. This poses challenges. In this context the information map of the real world of interest is represented across billions of “things”, many of which are updating in realtime and a transaction or data change is updated across hundreds or thousands of “things” with differing update policies, opens up for many security challenges and security techniques across multiple policies. In order to prevent the unauthorized use of private information and permit authorized use, research is needed in the area of dynamic trust, security, and privacy management.

同时，通过将海量的具有数据处理能力的“物品”置于一个全球统一的信息平台和全球通用的数据空间之中，未来的物联网将会给传统的分布式数据库技术带来翻天覆地的变化。在这样的背景下，现实世界中对于信息的兴趣将分布并且覆盖数以亿计的“物品”，其中将有很多物品随时地进行实时的数据更新，同时更有成百上千、成千上万的“物品”之间正在按照各种时刻变化、时刻更新的规则进行着千变万化的数据传输和数据转换行为。上面所有这些必将给物联网的安全和隐私技术提出各种各样、严峻的挑战，也必将为多重规则与多重策略下的安全性技术开创更为广阔的研究空间。最后，为了防止在未经授权的情况下随意使用保密信息，并且为了可以完善未来物联网的授权使用机制，我们还需要在动态的信任、安全和隐私/保密管理等领域开展安全和隐私技术研究工作。

**Issues to be addressed:**

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包



括:

- **Event-driven agents to enable an intelligent/self aware behaviour of networked devices**  
基于事件驱动的代理机制的建立，从而帮助各种联网设备和物品实现智能的自主觉醒和自我认知能力
- **Privacy preserving technology for heterogeneous sets of devices**  
对于各种各样不同设备所组成的集合的隐私保护技术
- **Models for decentralised authentication and trust**  
分散型认证、授权和信任的模型化技术
- **Energy efficient encryption and data protection technologies**  
高效能的加密与数据保护技术
- **Security and trust for cloud computing**  
云计算的安全与信任机制
- **Data ownership**  
数据所有权技术
- **Legal and liability issues**  
法律和责任问题
- **Repository data management**  
数据资料管理技术
- **Access and use rights, rules to share added value**  
增值数据的访问权限、使用权限和共享规则
- **Responsibilities, liabilities**  
职责、法律责任问题
- **Artificial immune systems solutions for IoT**  
物联网的人工智能免疫系统解决方案
- **Secure, low cost devices**  
安全的、低成本设备的研制
- **Integration into, or connection to, privacy-preserving frameworks, with evaluation privacy-preserving effectiveness.**  
整合了或者是连接了隐私保护有效性评估能力的隐私保护框架技术



- Privacy Policies management  
隐私制度/保密制度的管理技术

## 4.12 Standardisation

### 标准化和相关技术

The Internet of Things will support interactions among many heterogeneous sources of data and many heterogeneous devices through the use of standard interfaces and data models to ensure a high degree of interoperability among diverse systems. Although many different standards may co-exist, the use of ontology based semantic standards enables mapping and cross-referencing between them, in order to enable information exchange. From an architectural perspective, standards have an important role to play both within an organisation or entity and across organisations; adoption of standards promotes interoperability and allows each organisation or individual to benefit from a competitive marketplace of interoperable technology solutions from multiple providers; when those organisations or individuals which to share or exchange information, standards allow them to do so efficiently, minimising ambiguity about the interpretation of the information they exchange. Standards regarding frequency spectrum allocation, radiation power levels and communication protocols ensure that the Internet of Things co-operates with other users of the radio spectrum, including mobile telephony, broadcasting, emergency services etc. These can be expected to develop, as the Internet of Things increases in scale and reach and as additional radio spectrum becomes available through digital switchover etc.

未来的物联网将要允许各种不同的数据源以及各种不同的设备之间进行相互通信以及发生相互作用，而这些都是依赖于标准化工作以及标准技术来支撑的。通过使用各种各样的标准接口和标准的数据模型，未来的物联网将可以实现千差万别的系统之间的高级别互操作性。但是我们也需要注意到，不论是今天还是未来，在物联网领域都将有许许多多不同的标准共同存在，它们之间可能使用的语言不同、翻译的质量不同、叙述的方式不同、采用的定义和规范不同、技术方案以及算法也可能是有差异的，但是在实现过程中可能存在各种各样的交叉点。所以正像第三章说的那样，我们对于基于语义本体的语义标准的研究、制定和使用工作，将在很大程度上帮助我们对于上述标准进行交叉引用和相互对应与参照，从而保障标准技术可以完整、准确的实现，以便于未来物联网中各种物品



和各种数据之间的相互通信、相互信息交换可以顺利地进行。从物联网架构的角度来看，未来物联网的标准将在其中发挥着极其重要的作用：首先，通过标准，不但可以方便参与其中的各种物品、个人、公司、企业、团体以及机构方便的实现标准技术，使用物联网的应用，享受物联网的建设成果和便利条件，而且可以在各个国家、地区和国际组织之间起到不可替代的协调作用；其次，通过标准，可以促进未来物联网解决方案市场的竞争性，增进各种技术解决方案之间的互操作能力，同时避免和限制垄断的形成，保证许许多多的基于未来物联网——这样一个开放的基础平台——的解决方案提供商可以不受限制地、平等地向他们的用户提供各种各样丰富多彩的应用与服务，从而保障任何个人以及组织可以享受这样一个富含竞争力的市场所带来的各种实惠；最后，通过标准，可以允许参与物联网的个人和组织，在他们进行信息共享与数据交换时，高效的完成所需的工作，最大限度的减少和避免所交换信息的意义产生歧义的可能性。再从技术发展的角度上看，随着技术的进步，今天我们标准化工作中遇到的很多问题将会得到解决。就拿无线电频段分配和空中接口领域来说，我们完全可以预期在未来，技术的发展，例如数字交换等技术的发展，将会使新的无线电可用频段不断涌现，从而满足物联网规模增长和体系成型的需要。而且无线电频段分配、辐射功率水平和通信协议等领域的标准也将使得物联网及其应用可以与其他的使用无线电频段的用户（比如，移动电话的用户、广播、应急服务以及紧急情况服务等）之间进行相互的操作。

As greater reliance is placed on the Internet of Things as the global infrastructure for generation and gathering of information, it will be essential to ensure that international quality and integrity standards are deployed and further developed, as necessary to ensure that the data can be trusted and also traced to its original authentic sources.

最后，随着我们对于作为未来基础网络平台之一的物联网的更加依赖，随着全球/全局信息生成和信息收集基础设施的逐步建立，国际质量和诚信体系标准将变得至关重要。我们要保证这些标准不但可以得到进一步的研究和发展，同时更为重要的是保障这些标准可以在全球范围内顺利地部署到位。在这一过程中，我们要开展标准化和技术研究工作，使得在必要时可以按照这些标准查明数据的可信程度并且追溯其原始的真实数据来源，进而保障整个物联网安全、稳定、健康、有序的发展。

**Issues to be addressed:**

通过本节的讨论，本领域中一些需要解决的问题和主要研究内容包括：

- IoT standardisation



## 物联网标准化体系

- **Ontology based semantic standards**  
基于语义本体的语义标准研究
- **Spectrum energy communication protocols standards**  
频段能量通信协议标准
- **Standards for communication within and outside cloud**  
云内、云外及云间通信标准的研发
- **International quality/integrity standards for data creation, data traceability**  
国际质量和诚信体系标准

## 4.13 Future Technological Developments

### 可以预期的未来技术发展方向

Development		Before 2010	2010-2015	2015-2020	Beyond 2020
<b>Identification Technology</b> 标识技术	<ul style="list-style-type: none"> <li>Different schemes 不同的标识体系</li> <li>Domain Specific IDs 特定领域的标识方案</li> <li>ISO, GS1, u-Code, IPv6, etc 各种标识结构: ISO、GS1、u-Code、IPv6、等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unified for identifiers 各种唯一标识的统一体系</li> <li>Open framework for the IoT 用于物联网（标识）的开放架构</li> <li>URIS 统一资源标识符</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identity management 标识管理技术</li> <li>Semantics 标识的语义学技术</li> <li>Privacy-awareness 具有隐私和保密意识的标识系统</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>“Thing identifier “物品”的基因标识</li> <li>DNA”</li> </ul>	
<b>Internet of Things Architecture</b> 物联网架构技术	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT architecture specifications 物联网架构标准</li> <li>Context-sensitive middleware 环境感知型中间件</li> <li>Intelligent reasoning platforms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT architectures developments 物联网架构技术的开发</li> <li>IoT architecture in the FI 未来互联网体系中的物联网架构技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptive, context based architectures 具有自适应能力的基于环境和情况的架构技术</li> <li>Self-* properties 各种自主能力和属性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cognitive architectures 认知体系结构</li> <li>Experiential architectures 体验架构</li> </ul>	

		智慧型因果平台 ● RFID, UWB, Wi-Fi, Bluetooth, WiMax,	● Network architectures 对于“网络中的网络”的架构技术 ● F-O-T platforms interoperability 现场操作测试 ( F-O-T: Field Operational Test ) <sup>68</sup> 平台间的互操作性技术 ● Ultra low power chip sets	● Wide spectrum and aware spectrum	● Unified protocol over wide spectrum
--	--	--	---	------------------------------------	---------------------------------------

<sup>68</sup> F-O-T(Field Operational Test), 现场操作测试是欧盟“智能交通系统”的一个组成部分, 属于欧洲框架研究计划 FP7, 它的目的是在现实环境中测试各种运输与交通技术是否适应于欧盟未来智能化交通发展的需要。这里所指的概念应该是扩展到整个信息化社会中很多技术领域和应用领域的各种现场操作测试平台, 而并不局限于交通领域。相关资料请参见:

[http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/foj/events/fippf/docs/seigio-gusmeroli.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/foj/events/fippf/docs/seigio-gusmeroli.pdf) (英文)

或者

[http://cordis.europa.eu/fp7/ict/intelligent-vehicles/home\\_en.html](http://cordis.europa.eu/fp7/ict/intelligent-vehicles/home_en.html) (英文)

或者

[http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=PROJ\\_ICT&ACTION=D&CAT=PROJ&RCN=87266](http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=PROJ_ICT&ACTION=D&CAT=PROJ&RCN=87266) (英文)

或者

[http://wiki.fot-net.eu/index.php?title=What\\_are\\_Field\\_Operational\\_Tests%3F](http://wiki.fot-net.eu/index.php?title=What_are_Field_Operational_Tests%3F) (英文)

或者

[http://www.eurofot-ip.eu/en/the\\_project/about\\_field\\_testing/](http://www.eurofot-ip.eu/en/the_project/about_field_testing/) (英文)

<b>Technology 通信技术</b>	ZigBee, RuBee, ISA 100, WirelessHart, 6LoWPAN RFID UWB(Ultra-wideband) <sup>69</sup> 、WiFi <sup>70</sup> 、WiMax(Worldwide Interoperability for Microwave Access) <sup>71</sup> 、BlueTooth、ZigBee <sup>72</sup> 、RuBee <sup>73</sup> 、ISA100 <sup>74</sup> 、	超低功耗芯片组 ● On chip antennas 在片/片上天线系统 ● Millimetre wave single chips 毫米级微波单芯片技术 ● Ultra low power single chip radios 极低功耗单芯片无线电技术	protocols 宽频以及具有频段感知能力的协议技术	宽频段上的统一协议技术
----------------------------	---	---	--------------------------------	-------------

<sup>69</sup> UWB, Ultra-wideband 相关资料请参见：  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-wideband> (英文)

<sup>70</sup> WiFi 相关资料请参见：  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi> (英文)  
 或者


<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/Wi-Fi> (中文)

<sup>71</sup> WiMax 相关资料请参见：  
<http://en.wikipedia.org/wiki/WiMAX> (英文)

<sup>72</sup> ZigBee 相关资料可以参考：  
<http://zh.wikipedia.org/zh-cn/ZigBee> (中文)  
 或者

<http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee> (英文)

<sup>73</sup> RuBeex 相关资料请参见：  
<http://en.wikipedia.org/wiki/RuBee> (英文)

	<p><b>Network Technology</b> 网络技术</p>	<p>WirelessHart<sup>75</sup>、6LoWPAN<sup>76</sup> 等通信技术和通信协议技术</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sensor networks 传感器网络</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ultra low power system on chip 极低功耗系统级芯片</li> <li>● Self aware and self organizing networks 具有自我觉醒、自我认知和自主组织能力的网络技术</li> <li>● Sensor network location transparency</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Network awareness 网络环境感知能力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Network cognition 网络认知能力</li> <li>● Self learning, self repairing networks 具有自主学习和我修复能力的网络技术</li> </ul>

或者

<http://www.rubee.com/> (英文)

<sup>74</sup> ISA100 相关资料请参见:

<http://www.isa100wci.org/> (英文)

或者

<http://en.wikipedia.org/wiki/Isa100.11a> (英文)

或者

<http://www.isa.org/> (英文)

<sup>75</sup> WirelessHART 相关资料请参见:

<http://en.wikipedia.org/wiki/WirelessHART> (英文)

或者

<http://www.hartcomm.org/> (英文)

<sup>76</sup> 6LoWPAN 相关资料可以参见:

<http://en.wikipedia.org/wiki/6LoWPAN> (英文)

		<p>传感器网络位置透明性问题以及传感器网络中的位置透明性问题</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Delay tolerant networks 延迟宽容型网络技术</li> <li>● Storage networks and power networks 存储网络和电源/能源网络技术</li> <li>● Hybrid networking technologies 混合联网技术</li> </ul>		
<p><b>Software and Algorithms</b> 软件和算法技术</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Relational database integration 关系型数据库整合技术</li> <li>● IoT-oriented RDBMS<sup>77</sup> 面向物联网的关系型数据库系统技术</li> <li>● Event-based platforms 基于事件的或者以事</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Large scale, open semantic software modules 大规模、开放型语义软件模块/模型</li> <li>● Composable algorithms 可自组合的算法技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Goal oriented software 面向目标的软件技术</li> <li>● Distributed intelligence, problem solving 分布式智能算法、问题处理与解决模型</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● User oriented software 面向用户的软件技术</li> <li>● The invisible IoT (软件) 技术 无形的物联网 (软件) 技术</li> <li>● Easy-to-deploy IoT sw</li> </ul>

<sup>77</sup> RDBMS(Relational database management system), 关系型数据库系统相关资料请参见:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Relational\\_database\\_management\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Relational_database_management_system) (英文)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 作为驱动的平台技术</li> <li>● Sensor middleware 传感器中间件</li> <li>● Sensor Networks middleware 传感器网络中间件</li> <li>● Proximity / Localization algorithms 逼近算法/定位算法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Next generation IoT-based social software 下一代基于物联网的社会/社区软件</li> <li>● Next generation IoT-based enterprise applications 下一代基于物联网的企业/商业应用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Things-to-Things collaboration environments 物品与物品之间的协作环境</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 易于部署的物联网软件技术</li> <li>● Things-to-Humans collaboration 物品与人之间的协作算法、协作模型以及协作环境的建立</li> <li>● IoT 4 All 对于人、物品以及一切事物的物联网(软件) 技术</li> </ul>
<p><b>Hardware 硬件技术</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● RFID Tags and some sensors RFID 标签以及特定类型的传感器技术</li> <li>● Sensors built in to mobile devices 内置于移动设备之中的传感器技术</li> <li>● NFC in mobile phones 手机/移动电话中的 NFC (近距离通信) 技术</li> <li>● Smaller and cheaper 更加小巧、更加便宜的硬件技术</li> <li>● MEMS technology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Multi protocol, multi standards readers 基于多重协议以及多重标准的识读器技术</li> <li>● More sensors and actuators 更多传感器和驱动装置领域技术的发展</li> <li>● Secure, low-cost tags (e.g. Silent Tags) 安全的低成本标签技术(如, 静默型标签技术)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Smart sensors (bio-chemical) 智能传感器技术(如生物化学型传感器技术)</li> <li>● More sensors and actuators (tiny sensors) 更多传感器和驱动装置领域技术的发展(微型传感器技术)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nano-technology and new materials 纳米技术和新型材料技术</li> </ul>

<p><b>Data and Signal Processing Technology</b> 数据和信号处理技术</p>	<p>微电子机械系统 (MEMS) 技术</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Serial data processing 序列化数据处理算法</li> <li>● Parallel data processing 并行数据处理算法</li> <li>● Quality of services 服务的质量技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Energy, spectrum aware data processing, 具有能源感知能力以及频段感知能力的的数据处理技术</li> <li>● Data processing context adaptable 具有环境自适应能力的的数据处理技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Context aware data processing and data responses 具有环境感知能力的的数据处理和数据的响应技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cognitive processing and optimization 认知处理和认知优化领域的算法及技术</li> </ul>
<p><b>Discovery and Search Engine Technologies</b> 发现和搜索引擎技术</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sensor network ontologies 传感器网络本体技术</li> <li>● Domain specific name services 基于特定作用域的名称服务技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Distributed registries, search and discovery mechanisms 分布式注册、搜索以及发现机制</li> <li>● Semantic discovery of sensors and sensor data 传感器的语义发现技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Automatic tagging identification management centres 具有自动路由能力的标签和标识管理中心技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cognitive engines 认知搜索引擎</li> <li>● Autonomous search engines 自动化搜索引擎</li> </ul>
<p><b>Power and Energy Storage Technologies</b> 电源和能量存储</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Thin batteries 薄膜电池</li> <li>● Li-Ion 锂离子电池</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Energy harvesting (energy conversion, photovoltaic) 能源采集技术(能量)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Energy harvesting (biological, chemical, induction) 能源采集技术(生物)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Biodegradable batteries 可生物降解型电池技术</li> </ul>

<p><b>技术</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Flat batteries 平板电池</li> <li>● Power systems management) 具有电能优化能力的系统 (能源管理型系统)</li> <li>● Energy harvesting (electrostatic, piezoelectric) 能源采集技术(静电技术、压电技术<sup>78</sup>)</li> <li>● Short and medium range wireless power 短距离和中距离无线供电技术</li> </ul>	<p>转换技术、光伏技术)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Printed batteries 印刷电池技术</li> <li>● Long range wireless power 远距离无线供电技术</li> </ul>	<p>发电技术、化学发电技术、感应发电技术)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Power generation in harsh environments 恶劣环境中的发电技术</li> <li>● Energy recycling 能源回收技术</li> <li>● Wireless power 无线供电技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nano-power processing unit 纳米能源处理单元/模块</li> </ul>
<p><b>Security and Privacy Technologies 安全和隐私技术</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Security mechanisms and protocols defined 安全机制以及安全协议的定义工作</li> <li>● Security mechanisms and protocols for RFID and WSN devices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● User centric context-aware privacy and privacy policies 以用户为中心的环境感知型隐私技术与和隐私政策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Security and privacy profiles based on security and privacy needs 面向安全性和保密性需求的安全与隐私配置文件技</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Self adaptive security mechanisms and protocols 具有自适应能力的安全机制和安全协议</li> </ul>

<sup>78</sup> 压电技术 (Piezoelectricity) 相关资料请参见：  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectricity> (英文)

	<p>基于 RFID 和无线传感 器网络设备的安全机 制和安全协议</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Privacy aware data processing 隐私感知型数据处理技术</li> <li>● Virtualisation and anonymisation 虚拟化和匿名化技术和匿名访问技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Privacy automatic evaluation 面向保密性需求的自动评估机制</li> <li>● Context centric security 以环境为中心的安全技术</li> </ul>	
<p><b>Material Technology</b> 材料技术</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Silicon, Cu, Al Metallization 硅、铜及铝金属材料</li> <li>● 3D processes 三维制造及三维处理材料技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● SiC, GaN 碳化硅及氮化镓材料技术</li> <li>● Silicon 硅材料技术</li> <li>● Improved/new semiconductor manufacturing processes/technologies for higher temperature ranges 更高温度环境下的改进型/新型半导体制造工艺技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Diamond 钻石材料</li> </ul>	
<p><b>Standardisation</b> 标准化和相关技术</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Standardization efforts for RFID security RFID 安全性领域的标准化工作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● IoT standardisation 物联网标准化体系</li> <li>● M2M standardization</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Standards for cross interoperability with heterogeneous networks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Standards for automatic communication protocols</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standardization of passive RFID tags with expanded memory and read/write capability for product serial numbers, repair and warranty information. 具有扩展内存以及产品序号、维护和保修等信息读写能力的被动式 RFID 标签的标准化工作</li> </ul>	<p>设备对设备 (M2M) 通信技术标准化工作</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interoperability profiles 如何描述(基于物联网的)操作性的标准化工作</li> </ul>	<p>各种各样不同的网络之间的交叉引用和互操作技术的标准化工作</p>	<p>基于自动通信协议的标准化工作</p>
--	--	--	-------------------------------------	-----------------------

## 4.14 Internet of Things Research Needs

### 未来物联网需要开展的研究工作

	Before 2010	2010-2015	2015-2020	Beyond 2020
<b>Identification Technology</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Different schemes customised for ID</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unique ID “物品” 的唯一标识技</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beyond EMID 超越电磁识别标识技</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Multi methods-one ID 基于同一标识体</li> </ul>

<sup>79</sup> M2M: 设备对设备的通信技术, 物联网通信技术之一。详细资料请参见: <http://en.wikipedia.org/wiki/Machine-to-Machine> (英文)

<p><b>标识技术</b></p>	<p>application domains 基于不同应用领域 的个性化标识 方案</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Convergence of IP and RFID IDs and addressing schemes 对于 IP 地址标识和 RFID 标识以及它们的寻址架构的收敛性的研究</li> </ul>	<p>术</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Multiple IDs for specific cases 依据于实际具体情况的 多重标识方案</li> <li>● Extend the ID concept (more than ID number) 扩展的标识设计理念 (不仅仅是数字形式)</li> <li>● Electro Magnetic Identification – EMID 电磁识别标识技术 (EMID)<sup>80</sup></li> </ul>	<p>术的其他标识技术</p>	<p>系的多种标识方法</p>
<p><b>IoT Architecture 物联网架构的建立</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Intranet (Intranet of Things) (single controlling administrative entity of the IoT infrastructure, controlled environment and business cases, thousands/millions of things) 各种内网中的物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Extranet (Extranet of Things) (partner to partner applications, basic interoperability, billions-of-things) 外网环境下的物联网架构技术 (业务伙伴之间的应用、基本/基础的互操作性、数以亿计的物 品)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Internet (Internet of Things) (global scale applications, global interoperability, many trillions of things) 广域网环境中的物联网架构技术 (全球规模的互操作性、数万亿 的物品)</li> </ul>	

<sup>80</sup> EMID: 电磁识别标识技术, 在现在技术条件下也可以被理解为电磁识别标签或者射频标签。

<p><b>SOA Software Services for IoT</b> 物联网中面向服务架构下的软件服务的开发</p>	<p>物联网架构技术（在物联网基础设施之上只有单独的控制管理机构、可控的环境、可控的业务环境、业务规则、成千上万个最多只有百万级别的物品）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Basic IoT services (Services over Things) 基本的物联网服务（物品之上的服务）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Composed IoT services (IoT Services composed of other Services, single domain, single administrative entity) 具有自我组合能力的物联网服务（可以与其他服务互相组合的物联网服务、单一的作用域、单独的管理机构）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Process IoT services (IoT Services implementing whole processes, multi/cross domain, multi administrative entities, totally heterogeneous service infrastructures) 流程型物联网服务（可以实现全流程的物联网服务、多重或者跨越多个作用域、多个管理机构、完全异构的/完全形式各异的服务基础设施）</li> </ul>	
<p><b>Internet of Things Architecture Technology</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Low cost crypto primitives – hash functions, random</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Adaptation of symmetric encryption and public key algorithms from</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Code in tags to be executed in the tag or in trusted readers.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Intelligent and collaborative functions</li> </ul>

<p>物联网的架构技术</p>	<p>number generators, etc. 低成本加密基础单元/元件-散列函数、随机数生成器, 等等</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Low cost hardware implementation without computational loss 实现了无损耗计算能力的低成本硬件技术</li> <li>● Smaller and cheaper tags 更加小巧、更加便宜的标签</li> <li>● Higher frequency tags 更高频率的标签技术</li> <li>● RFID tags for RF-unfriendly environments (i.e. water and metal) 不友好环境中 (如, 水或者金属</li> </ul>	<p>active tags into passive tags 贯穿主动式标签到被动式标签等各种标签类型的对称加密和公开密钥算法的改写工作</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Universal authentication of objects 物品 (对象) 的通用认证机制</li> <li>● Graceful recovery of tags following power loss 能量损耗型标签的友好型恢复技术</li> <li>● More memory 更大的内存、更多的存储能力</li> <li>● Less energy consumption 更少的能源消耗</li> <li>● 3-D real time location/position embedded systems 三维实时定位/位置探测嵌入式系统</li> <li>● IoT Governance scheme 物联网的治理方案</li> </ul>	<p>标签中可附加代码的技术, 这些代码将可以在标签中运行或者可以在可信的读取设备中运行</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Global applications 全球应用</li> <li>● Adaptive coverage 自适应覆盖/包含技术</li> <li>● Object intelligence 物品 (对象) 的智能</li> <li>● Context awareness 环境感知能力</li> </ul>	<p>智慧与协作能力</p>
-----------------	--	---	--	----------------

	<p>等)的 RFID 标签技术</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 3-D localization 三维定位技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Long range (higher frequencies—tenths of GHz) 远距离通信技术 (更高的频率——十分之一 GHz)</li> <li>● Protocols for interoperability 互操作性协议</li> <li>● Protocols that make tags resilient to power interruption and fault induction. 使标签可以抵御停电或者故障干扰的协议</li> <li>● Collision-resistant algorithms 抗冲突算法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● On chip networks and multi standard RF architectures 片上网络技术和多重标准下的无线电射频架构</li> <li>● Plug and play tags 即插即用型标签</li> <li>● Self repairing tags 具有自我修复能力的标签</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Self configuring, protocol seamless networks 具有自配置能力和协议间无缝整合能力的网络技术</li> </ul>
<p><b>Communication Technology</b> <b>通信技术</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sensor networks, ZigBee, RFID, Bluetooth, WirelessHart, IAA100, UWB 传感器网络、ZigBee、RFID、Bluetooth、WirelessHart、ISA100、UWB (Ultra-wideband) 等多种通信技术和通信协议技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Broadband 宽带网络技术</li> <li>● Different networks (sensors, mobile phone, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Service based network 基于服务的网络技术</li> <li>● Integrated/universal authentication 集成的通用认证机制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Need based network 基于需求的网络技术</li> <li>● Internet of</li> </ul>
<p><b>Network Technology</b> <b>网络技术</b></p>				

	<p>各种不同的网络技术（传感器、手机/移动电话，等）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Interoperability framework (protocols and frequencies) 互操作性框架（不同的协议、不同的频率）</li> <li>● Network security (e.g. access authorization, data encryption, standards etc.) 网络安全（如，接入认证、访问授权、数据加密、标准，等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ad hoc network formation 临时自组网络的形成机制</li> <li>● Self organising wireless mesh networks 具有自组织能力的无线网状网络技术</li> <li>● Multi authentication 多重认证授权机制</li> <li>● Networked RFID-based systems – interface with other networks – hybrid systems/networks 基于联网型 RFID 的网络技术；同时要向其它网络，特别是向那些混合网络和混合系统，开放接口</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Brokering of data through mechanisms 基于市场机制的数据中介规则</li> </ul>	<p>Everything 一切事物的网络</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Robust security based on a combination of ID metrics 基于各种标识组合尺度的鲁棒性安全技术</li> <li>● Autonomous systems for non stop information technology service 具有永不停歇的信息技术服务功能的自动化系统技术</li> </ul>
<p><b>Software and algorithms 软件和算法技术</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Service oriented architectures 面向服务的架构</li> <li>● Embedded software 嵌入式软件</li> <li>● Generation of domain specific</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Self management and control 自主管理和自主控制能力</li> <li>● Micro operating systems 微型操作系统</li> <li>● Context aware business event generation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Evolving software 具有进化/演化能力的软件技术</li> <li>● Self reusable software 具有自主重复使用能力的软件技术</li> <li>● Autonomous things: ■ Self configurable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Self generating “molecular” software 具有自我创造能力的“分子型”软件技术</li> <li>● Context aware software</li> </ul>

	<p>events 基于特定作用域事件的产生机制</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● “Things” Semantics / Ontologies “事物”的语义技术和本体技术</li> <li>● Filtering 过滤算法/滤波算法</li> <li>● Probabilistic and nonprobabilistic track and trace algorithms, based upon the analysis of tracking data concerning some kind of unique ID. 通过分析某些类型唯一标识相关监视数据,来进行概率型或者非概率型追踪与监控行为的算法技术</li> </ul>	<p>环境感知型业务事件产生机制</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Interoperable ontologies of business events 业务事件的互操作本体技术</li> <li>● Scalable autonomous software 可扩展的自动化软件技术</li> <li>● Software for coordinated emergence 具有协调能力的软件技术</li> <li>● (Enhanced) Probabilistic and nonprobabilistic track and trace algorithms, run directly by individual “things”. 直接运行于独立的“物品”之上的、(增强型)概率与非概率追踪、监控算法技术</li> <li>● Software and data distribution systems 软件和数据分配与部署系统</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Self healing management 具有自主配置、自动修复、自我管理能力的自动化物品</li> <li>● Platform for object intelligence 为物品智能提供支持的平台技术</li> </ul>	<p>环境感知型软件技术</p>
--	--	---	---	------------------

<p><b>Hardware Devices</b> 硬件技术中的设备技术</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MEMS 微电子机械系统 (MEMS) 技术</li> <li>Low power circuits 低功耗电路技术</li> <li>Silicon devices 硅器件技术、硅晶体设备技术</li> <li>Smart multi band antennas 智能多波段天线</li> <li>Beam steerable array antennas 波束可控型相控阵天线系统</li> <li>Low power chip sets 低功耗芯片组</li> <li>Low cost tags 低成本标签</li> <li>Small size, low cost passive functions 小尺寸、低成本被</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paper thin electronic display with RFID 薄如纸片的具有 RFID 的电子显示屏</li> <li>Ultra low power EPROM/FRAM 极低功耗擦除型可复写存储技术 (EEPROM) / 非易失性铁电存储技术 (F-RAM)</li> <li>NEMS 纳机电系统 (NEMS) 技术<sup>81</sup></li> <li>Polymer electronics tags 聚合物电子标签技术</li> <li>Antennas on chip 片上天线技术</li> <li>Coil on chip 片上线圈技术</li> <li>Ultra low power circuits 极低功耗电路技术</li> <li>Electronic paper 电纸技术</li> <li>Devices capable of</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Polymer memory 聚合物存储技术</li> <li>Molecular sensors 分子型传感器</li> <li>Autonomous circuits. 自动化电路技术</li> <li>Transparent displays 透明显示技术</li> <li>Interacting tags 互动标签技术</li> <li>Collaborative tags 具有协作能力的标签</li> <li>Heterogeneous integration 具有合成整合能力的设备技术</li> <li>Self powering sensors 自供电传感器技术</li> <li>Low cost modular devices 低成本模块化设备</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biodegradable antennas 可生物降解型天线</li> <li>Autonomous "bee" type devices 自动化的各种 "Bee" (如 ZigBee、RuBee, 等) 类型设备</li> </ul>
---	--	---	--	--

<sup>81</sup> NEMS(Nanoelectromechanical systems), 纳机电系统相关资料请参见:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Nanoelectromechanical\\_systems](http://en.wikipedia.org/wiki/Nanoelectromechanical_systems) (英文)

<p><b>Hardware Systems, Circuits and Architectures</b> 硬件技术中的系统、电路和体系结构技术</p>	<p>动型功能硬件技术</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● High-Q inductors 高Q值(品质因数)电感元件</li> <li>● High density capacitors, tuneable capacitors 高密度电容、可调谐电容元件</li> <li>● Low loss switches 低损耗开关技术</li> <li>● RF filters 无线射频 (RF) 滤波器</li> </ul>	<p>tolerating harsh environments (extreme temperature variation, vibration and shocks conditions and contact with different chemical substances) 具有容忍恶劣环境(如, 极端的温度变化、极端的振动和冲击条件、接触各种极端的不同化学物质的环境, 等)能力的设备</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Nano power processing units 纳米能量处理单元</li> <li>● Silent Tags 静默型标签</li> <li>● Biodegradable antennae 可生物降解型天线</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Adaptive architectures 自适应架构</li> <li>● Reconfigurable wireless systems 可重构/可重配置型无线系统</li> <li>● Changing and adapting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Heterogeneous architectures. 异构型体系结构</li> <li>● “Fluid” systems, continuously changing and adapting.</li> </ul>
---	---	--	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>存储设备等多种不同技术的整合</li> <li>Power optimised hardware/software design 能源优化型软硬件设计技术</li> <li>Power control of system on chip (SoC) 系统级芯片 (SoC) 的电源控制技术</li> <li>Development of high performance, small size, low cost passive functions e.g. high-Q inductors, tight tolerance capacitors, high density capacitors, low loss switches, RF filters, tuneable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extended range of tags and readers 标签和阅读器作用范围的扩展</li> <li>Transmission speed 传输速率</li> <li>Distributed control and databases 分布式控制系统和分布式数据库系统</li> <li>Multi-band, multi-mode wireless sensor architectures 多波段、多模式无线传感器架构</li> <li>Smart systems on tags with sensing and actuating capabilities (temperature, pressure, humidity, display, keypads, actuators, etc.) 具有传感和驱动能力 (比如, 温度、压力、</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Micro readers with standard protocols for reading sensor and actuator data 基于传感和驱动数据的多重标准协议微型读取设备</li> <li>Distributed memory and processing 分布式存储和分布式处理流程技术</li> <li>Low cost modular devices 低成本模块化设备</li> </ul>	<p>“流体型”系统, 可以进行不断的持续变化与调整</p>
--	---	--	---	--------------------------------

<sup>82</sup> 系统级芯片 (SoC) 相关资料请参见: <http://en.wikipedia.org/wiki/System-on-a-chip> (英文)

	<p>capacitors 高性能、小尺寸、低成本被动元件的开发工作，如高Q值（品质因数）电感元件、低容差电容元件、高密度电容元件、低损耗开关、无线射频（RF）滤波器（元件）、可调谐电容，等</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Mobile RFID readers with increased functionality and computing power while reducing the size and cost 兼具更多功能、更强计算能力、更小尺寸以及更低成本的移动型 RFID 读取设备</li> <li>● Miniaturized and embedded readers (SIP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ultra low power chip sets to increase operational range (passive tags) and increased energy life (semi passive, active tags). 极低功耗芯片组技术，对于被动式标签提高作用范围，对于半被动式或者主动式标签提高其能源使用寿命</li> <li>● Ultra low cost chips with security 具有安全功能的低成本芯片技术</li> <li>● Collision free air to air protocol 无冲突的空对空协议</li> </ul>		
--	---	---	--	--

	<p><b>Data and Signal Processing Technology</b> 数据和信号处理技术</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 小型化、嵌入式读取设备（系统封装<sup>83</sup>）</li> <li>● 网格计算</li> <li>● Heterogeneous of sensor data modelling of 传感数据的异构模型技术</li> <li>● Virtual Things identification (i.e. things identified based on A/V signal processing) 虚拟事物的标识技术（例如，基于声音或者视频信号处理技术的物品识别）</li> <li>● Sensor virtualization (vendor/technology independent)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Common ontologies (cross domain) 通用传感本体技术（跨多个领域或者作用域）</li> <li>● Distributed energy efficient data processing 分布式高效能数据处理技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Autonomous computing 自主计算技术</li> <li>● Tera scale computing 万亿次规模计算技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cognitive computing 认知计算技术</li> </ul>
--	---	---	--	---	--

<sup>83</sup> SiP(System in package), 系统级封装相关资料请参见：  
[http://en.wikipedia.org/wiki/System\\_in\\_package](http://en.wikipedia.org/wiki/System_in_package) (英文)

	<p><b>Discovery and Search Engine Technologies</b> 发现和搜索引擎技术</p>	<p>modules) 传感器虚拟化技术 (独立于生产厂家、供应商和技术的模块化技术)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Simple ID based object lookup 基于简单标识的对象查找技术</li> <li>● Local registries 局域注册机制</li> <li>● Discovery services 发现服务技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Scalable services for connecting things with security, privacy and confidentiality 可扩展的发现服务技术, 使得在充分考虑到安全性、隐私性和保密性的前提下进行物品与服务之间的连接</li> <li>● “Search Engine” for Things 基于物品的“搜索引擎”技术</li> <li>● IoT Browser 物联网浏览器</li> <li>● Multiple identities per object 单一物品的多重标识体系</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● On demand service discovery/integration 根据需求的发现与整合服务</li> <li>● Universal authentication 通用认证与授权机制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cognitive registries 认知注册与认知登记规则</li> </ul>
<p><b>Power and</b></p>	<p><b>and</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Thin batteries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Printed batteries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Paper based batteries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Biodegradable</li> </ul>

<p><b>Energy Storage Technologies</b> 电源和能量存储技术</p>	<p>薄膜电池</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Energy management 能源管理技术</li> <li>● RF 射频能源技术</li> <li>● Thermal 热能能源技术</li> <li>● Solar 太阳能能源技术</li> </ul>	<p>印刷电池/可打印型电池技术</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Photovoltaic cells 光伏电池技术</li> <li>● Super capacitors 超级电容器</li> <li>● Energy conversion devices 能量转换装置</li> <li>● Grid power generation 电网发电系统</li> <li>● Multiple power sources 多电源系统</li> </ul>	<p>纸基电池技术</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Wireless power everywhere, anytime. 随时随地、无处不在的无线供电技术</li> <li>● Power generation for harsh environments 恶劣环境下的能源生产技术</li> </ul>	<p>batteries 可生物降解型电池技术</p>
<p><b>Security and Privacy Technologies</b> 安全和隐私技术</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Power efficient security algorithms 高效能安全算法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Adaptation of symmetric encryption and public key algorithms from active tags into passive tags 贯穿主动式标签到被动式标签等各种标签类型的对称加密和公开密钥算法的改写工作</li> <li>● Low cost, secure and high performance identification/authentication devices 低成本、安全、高性能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Context based security activation algorithms 基于环境的安全性激活算法技术</li> <li>● Service triggered security 服务触发型安全技术</li> <li>● Context-aware devices 具有环境感知能力的设备技术</li> <li>● Object intelligence 物品（对象）的智能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cognitive security systems 具有安全性认知能力的系统</li> </ul>

<p><b>Material Technology</b> 材料技术</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Polymer 聚合物材料技术</li> <li>● Assembly and packaging techniques for RFID tags (protection against high/low temperature, mechanical, chemical substances, etc)</li> <li>● RFID 标签的各种组合材料技术和封装材料技术 (如, 对于低温或者高温、机械冲击、化学物质等的防护技术)</li> </ul>	<p>的标识和认证设备技术</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Carbon 碳材料技术</li> <li>● Conducting Polymers and semiconducting polymers and molecules 导电聚合物、半导体聚合物以及分子材料技术</li> <li>● Conductive ink 导电油墨技术</li> <li>● Flexible substrates 柔性电路板/基板技术</li> <li>● Modular manufacturing techniques 模块化制造技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Carbon nanotube 碳纳米管技术</li> </ul>	
<p><b>Standardisation</b> 标准化和相关技术</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● RFID 技术的标准化工作</li> <li>● M2M 设备对设备通信技术 (M2M) 的标准化工作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Privacy and security centered standards 基于安全性和保密性的标准化工作</li> <li>● Adoption of standards for “intelligent” IoT devices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dynamic standards 动态标准</li> <li>● Adoption of standards for interacting devices 对具有交互能力和相互作用能力设备的标准的研发、部署和采用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Evolutionary standards 随着物联网的发展而逐渐演化、进步的标准化工作</li> <li>● Adoption of standards for</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● WSN 无线传感器网络技术 (WSN)<sup>84</sup> 的标准化工作</li> <li>● H2H 基于物联网的人与人之间的通信技术的标准化工作</li> </ul>	<p>对“智能的”物联网设备的标准的研发、部署和采用工作</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Language for object interaction 物品之间交互基础语言形式的标准化工作</li> </ul>	用工作	<p>personalised devices 对具有个性化能力设备的标准的研发、部署和采用工作</p>
--	---	---	-----	--

<sup>84</sup> WSN (Wireless sensor network): 无线传感器网络技术。相关资料请参见: [http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless\\_sensor\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network) (英文)





## Chapter 5 References

### 第五章 参考文献

- [1] CTV: Deadly Fakes,  
[http://www.ctv.ca/servlet/ArticleNews/story/CTVNews/20020306/ctvn\\_ews848463](http://www.ctv.ca/servlet/ArticleNews/story/CTVNews/20020306/ctvn_ews848463)
- [2] B. C. Hardgrave, M. Waller, and R. Miller. RFID's Impact on Out of Stocks: A Sales Velocity Analysis. Research Report from the Univ. of Arkansas, 2006.
- [3] T. W. Gruen, D. S. Corsten, and S. Bharadwaj. Retail Out of Stocks. Technical report, 2002.
- [4] P. Fewtrell, I. L. Hirst, A Review of High-Cost Chemical/Petrochemical Accidents since Flixborough 1974. In: Loss Prevention Bulletin (1998), April, Nr. 140. - <http://www.hse.gov.uk/comah/lossprev.pdf>
- [5] P. Mead, L. Slutsker, V. Dietz, L. McCaig, J. Bresee, C. Shapiro, P. Griffin and R. Tauxe. Food-related illness and death in the Unites States. Emerging Infectious Diseases, 1999.
- [6] J. Buzby, T. Roberts, C.-T. Jordan Lin and J.M. MacDonald. Bacterial foodborne disease: Medical costs & productivity losses. USDA-ERS Agricultural Economic Report 741, 1996.
- [7] L. Weiss Ferreira Chaves, F. Kerschbaum. Industrial Privacy in RFID-based Batch Recalls. In Proceedings of InSPEC'09, 2009.
- [8] V. Coroama. The Smart Tachograph – Individual Accounting of Traffic Costs and it Implications. Proceedings of Pervasive 2006. pp. 135-152, Dublin, Ireland, May 07-10, 2006
- [9]  
<http://docs.oasis-open.org/ws-dd/discovery/1.1/wsdd-discovery-1.1-spec.html>



- [10] <http://developer.apple.com/networking/bonjour/>
- [11] <http://quimby.gnus.org/internet-drafts/draft-cai-ssdp-v1-03.txt>
- [12] <http://www.sics.se/contiki/>
- [13] <http://www.oasis-open.org>
- [14] <http://xml.coverpages.org/>
- [15] A. Taylor, R. Harper, L. Swan, S. Izadi, A. Sellen, M. Perry. Homes that make us smart. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 11, Number 5, June 2007
- [16] Joshua R. Smith, David Wetherall, Revisiting Smart Dust with RFID Sensor Networks; Michael Buettner, Ben Greenstein, Alanson Sample, Seventh ACM Workshop on Hot Topics in Networks (HotNets-VII), 2008, Calgary, Alberta, Canada. To appear.
- [17] <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2929.txt>
- [18] <http://en.wikipedia.org/wiki/Meme>
- [19] A. Brintrup, D.C. Ranasinghe, S. Kwan, A. Parlikad, K. Owens, "Roadmap to Self-Serving Assets in Civil Aerospace" in Proc. Of CIRP IPS2 Conference, Cranfield, UK, April 1st-2nd 2009, pp. 323–331.
- [20] T. Kelesidis, I. Kelesidis, P. Rafailidis, and M. Falagas. "Counterfeit or substandard antimicrobial drugs: a review of the scientific evidence". *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 60(2):214-236, August 2007.
- [21] C. Troncoso, G. Danezis, E. Kosta, and B. Preneel, "PriPAYD: Privacy Friendly Pay-As-You-Drive Insurance," In Proceedings of the 6th ACM workshop on Privacy in the electronic society (WPES 2007), T. Yu (ed.), ACM, pp. 99-107, 2007.
- [22] Rumble SM, Stutsman R, Levis P, Mazières D, Zeldovich N. "Apprehending Joule Thieves with Cinder". In Proceedings of the First ACM SIGCOMM Workshop on Networking, Systems, Applications on Mobile Handhelds (MobiHeld 2009).
- [23] O. Vermesan, D. Grosso, F. Dell'Ova, C. Prior, "Quo Vadis RFID Technology. Emerging RFID Technology " In Proceedings of EU RFID Forum 2007 Conference, Brussels, Belgium, March .2007



## Acknowledgements

### 致谢

Many colleagues have assisted with their views on this Internet of Things strategic research agenda document. Their contributions are gratefully acknowledged.

在本路线图的制定过程中，许多相关人士都提出了他们的观点。谨在此对那些为路线图做出贡献的相关人员致以崇高的敬意。

Ali Rezafard, IE, Afilias, EPCglobal Data Discovery JRG

Andras Vilmos, HU, Safepay, StoLPaN

Anthony Furness, UK, AIDC Global Ltd & AIM UK, CASAGRAS, RACE networkRFID

Antonio Manzalini, IT, Telecom Italia, CASCADAS

Carlo Maria Medaglia , IT, University of Rome 'Sapienza'

Daniel Thiemert, UK, University of Reading, HYDRA

David Simplot-Ryl, FR, INRIA/ERCIM, ASPIRE

Dimitris Kiritsis, CH, EPFL, IMS2020

Florent Frederix, EU, EC, EC

Franck Le Gall , FR, Inno, WALTER

Frederic Thiesse , CH, University of St. Gallen, Auto-ID Lab

Harald Sundmaeker, DE, ATB GmbH , CuteLoop

Humberto Moran, UK, Friendly Technologies, PEARS Feasibility

Jean-Louis Boucon, FR, TURBOMECA, SMMART

John Soldatos, GR, Athens Information Technology, ASPIRE

Mario Hoffmann, DE, Fraunhofer-Institute SIT, HYDRA

Markus Eisenhauer, DE, Fraunhofer-Institute FIT, HYDRA

Neeli Prasad, DE, CTIF, University of Aalborg, ASPIRE



Paolo Paganelli , IT, Insiel, EURIDICE

Wang Wenfeng, CN, CESI/MIIT, CASAGRAS

Zsolt Kemeny, HU, Hungarian Academy of Sciences, TraSer

**For further information:**

如果需要进一步的信息，请联系：

Information Desk

European Commission - Information Society and Media DG

Office: BU31 01/18 B-1049 Brussels

Email: [info-desk@ec.europa.eu](mailto:info-desk@ec.europa.eu)

Tel: +32 2 299 93 99

Fax: +32 2 299 94 99

[http://europa.eu/information\\_society](http://europa.eu/information_society)