

物联网与云计算关键技术丛书

**NITE** 国家信息技术紧缺人才培养工程  
National Information Technology Education Project  
国家信息技术紧缺人才培养工程系列丛书

# 物联网

## 技术与产业发展

Internet of Things:  
Technology and Industry Development

■ 艾浩军 单志广 张定安 吴余龙 编著

技术指南 应用先锋 产业向导

3.4

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

物联网与云计算关键技术丛书

NITE 国家信息技术紧缺人才培养工程  
National Information Technology Education Project  
国家信息技术紧缺人才培养工程系列丛书

TP393.4  
A352

# 物联网

## 技术与产业发展

Internet of Things:  
Technology and Industry Development

■ 艾浩军 单志广 张定安 吴余龙 编著

TP393.4

A352

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目(CIP)数据

物联网：技术与产业发展 / 艾浩军等编著. — 北京：人民邮电出版社，2011.5  
ISBN 978-7-115-24984-5

I. ①物… II. ①艾… III. ①互联网络—应用②智能技术—应用 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第026292号

## 内 容 提 要

物联网是什么？物联网和云计算、传感网等热门词汇是什么关系？物联网能做什么？物联网该怎么应用？物联网有哪些关键技术？物联网的产业链怎么构成？我们能在物联网产业扮演怎样的角色？有没有物联网典型领域的应用案例？

本书以回答上述问题为出发点，尝试解读物联网的关键技术，探寻物联网产业路线图，希望能给物联网政策制定者、产业链的相关人士和用户，提供一本简练而兼具深度的参考书，为有兴趣的读者进一步研究物联网提供一个起点。

## 物联网：技术与产业发展

- ◆ 编 著 艾浩军 单志广 张定安 吴余龙  
责任编辑 蒋 佳
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
  - ◆ 开本：700×1000 1/16  
印张：13.75  
字数：252千字  
印数：1—3 000册
- 2011年5月第1版  
2011年5月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-24984-5

定价：35.00元

读者服务热线：(010)67132692 印装质量热线：(010)67129223

反盗版热线：(010)67171154



# 序一

进入 21 世纪, 信息技术创新与应用持续迅猛发展, 信息化正推动社会的生产方式、生活方式和经济社会发展观发生着深刻的变革, 其催生创新、促进融合、推动转型的时代特征日益凸显。以物联网、云计算、智慧地球等为代表的新一代信息技术应用蓬勃发展, 推动着以绿色、智能和可持续发展为特征的新一轮科技革命和产业革命的来临。抢抓信息优势制高点, 已成为后金融危机时代世界各国重塑国家竞争优势和长远竞争力的战略抉择。

以物联网为代表的新一代信息技术, 已经成为我国重点发展的战略性新兴产业之一, 并列入了国家发展的重要议程。2010 年 9 月 8 日, 国务院审议并原则通过了《国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定》, 会议确定将新一代信息技术与节能环保、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车等 6 个产业一起, 作为战略性新兴产业发展的 7 个重点方向, 加大培育和发展力度, 从而推进产业结构升级和经济发展方式的转变, 提升我国的自主发展能力和国际竞争力, 促进经济社会的可持续发展。

当前, 物联网技术和应用的发展方兴未艾。物联网并非单一产业, 而是包含多个产业及核心技术在内的产业集群, 随着其核心技术的不断创新和突破, 我们有理由相信, 我国的物联网产业必将迎来一个飞速发展的黄金期。因此, 笔者非常欣喜地看到《物联网技术与产业发展》这本著作的付梓出版。该书以技术和产业发展为重点, 全面、深入地阐述了物联网技术发展的路线图, 生动描绘了物联网的广泛应用和对产业发展的带动作用。我相信本书的出版, 将对推进物联网技术的普及应用, 推动我国物联网产业的快速发展, 促进我国抢占全球新一轮的产业发展高地和下一个经济周期的国家竞争制高点, 起到积极的



物联网 技术与产业发展

作用。

是以为序。

国家信息中心常务副主任  
国家信息化专家咨询委员会委员

2010年10月8日



## 序二

随着新型计算技术、网络技术和控制技术的不断涌现，物联网已成为智能化物理系统发展的新趋势。它作为计算进程和物理进程的统一体，通过两类系统之间的实时交互，以实现对物理系统的远程、实时和安全控制。而联网的物理系统也通过协作和自治的工作方式，实现了计算、通信和精确控制功能。这类新的联网方式给信息科学，尤其对软件理论带来很大的挑战。

未来物联网技术的发展和普及，将推动工业产品和技术的更新换代，起到一个巨大的经济杠杆作用，因此物联网对于国家的工业有着特别重大的意义。把物联网产业拓展成为一个快速成长的新兴战略型产业，能极大地提升主要工业领域的竞争力，使其成为国民经济发展的驱动引擎，这对于繁荣经济、保障国家安全和提高人民生活水平，都具有重大的意义。

本书对物联网产业相关热点技术进行了详细地剖析，讨论了物联网与传统信息系统的关系，并从应用领域出发，介绍了该技术在生产、公共服务、生活和国家安全等领域的发展前景，尤其结合国内的一些示范性工程，包括智能电网、汽车电子、环境监测，讨论了物联网技术对经济发展和改善人民生活可能发挥的作用。在物联网相关技术路线方面，本书涵盖了体系结构、通信技术、安全和隐私技术、标识技术等软硬件，并详尽设计了物联网技术发展路线图，这对于建设物联网产业链，推动典型行业应用都有指导意义。在国内的物联网技术得以受到越来越多关注的情况下，此书的出版将给读者和制定规划的领导部门提供详尽的分析和策略，一定会对物联网技术在我国的健康发展起到积极的推动作用。

中国科学院院士  
华东师范大学教授

何积中

2010年9月28日



## 序三

18 世纪中叶，以蒸汽机的发明和广泛应用为标志的第一次技术革命，突破了自然动力的局限性，实现了大生产和机械化，开启了人类工业文明时代。19 世纪 30 年代以电力技术为标志的第二次技术革命，使人类社会进入了电气时代。20 世纪 40 年代以来，以电子、通信、计算机和网络技术为标志的第三次技术革命，又将我们带入信息时代。第一台电子计算机的成功研制、个人电脑的诞生以及互联网的出现，极大地推动着人类社会网络化、信息化的进程。加速人类社会整体步入到全球化、知识化、智慧化的新时代。

物联网是信息技术发展和信息社会需求到达一定阶段的必然结果。“物联网”的概念是在 1999 年由麻省理工学院（MIT）的自动识别实验室提出的。其一般定义为：把所有物品通过射频识别等信息传感设备与互联网连接起来，构造一个覆盖世界上万事万物的“Internet of Things”，从而实现智能化识别和管理。国际电信联盟 2005 年的一份报告曾描绘“物联网”时代的图景：当司机出现操作失误时汽车会自动报警，公文包会提醒主人忘带了什么东西，衣服会“告诉”洗衣机对颜色和水温的要求等。物联网是本世纪初新兴的、极具发展潜力的网络技术，它把任何物品与互联网连接起来，实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理，是信息技术领域的一场革命，被称做全球下一个万亿美元级规模的新兴产业之一。

物联网即“物物相连的互联网”，其核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络。其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通信。具体地说，就是把 RFID 标签和无线传感器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中形成末端网。然后将“末端网”与现有的互联网整合起来，实现人类社会与物理系统的整合。在



这个整合的网络当中,存在能力超级强大的中心计算机群,能够对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制。

美国总统奥巴马把 IBM 提出的“智慧地球”(传感器网+互联网)确定为国家战略,主要从电力、医疗、城市、交通、供应链、银行 6 大领域切入。目前重点在智能电网和电子病历两方面开展工作。日本从 e-Japan→u-Japan→i-Japan,制定国家信息化战略,大力发展电子政府和电子地方自治体,推动医疗、健康和教育的电子化。欧盟提出“物联网是我们的未来”,重视欧洲各国技术标准的统一,计划建 30 座智能电网试点城市。国际电信联盟(ITU),欧洲物联网研究项目工作组(CERPIoT),针对物联网进行标准、技术趋势等研究。国际标准化组织(ISO)近期成立了物联网特别工作组。韩国 2009 年韩国通信委员会出台了《物联网基础设施构建基本规划》,确定了构建物联网基础设施,发展物联网服务,研发物联网技术,营造物联网扩散环境等 4 大领域、12 项课题。新加坡提出智慧国 2015 计划,改造政府、金融、教育、医疗保健、媒体娱乐、制造与物流、旅游、零售 7 大行业。

2009 年 8 月,温总理视察无锡,提出建设“感知中国”中心。江苏、上海、北京等地迅速作出反应,推进物联网工作。2009 年 11 月 3 日,温总理在《让科技引领中国可持续发展》的讲话中强调,要着力突破传感网、物联网关键技术,及早部署后 IP 时代相关技术研发,使信息网络产业成为推动产业升级、迈向信息社会的“发动机”。国家信标委 9 月成立了传感网标准化工作组,并筹建产业联盟。无锡启动了示范园区建设,占地 200 余亩,分室内和室外两部分。室内包括智能家居、智能建筑、导游导航等 8 项;室外包括湿地保护、智能物流、智能交通、智能车场等 7 项。《国家中长期科学与技术发展规划纲要》明确列出了“传感器网络及智能信息系统”为 7 个重点领域之一。

互联网已经成为人们日常对外沟通交换信息的主要渠道。正如其他学科的发展永无止境一样,研究计算机科学的学者们继续在这一领域探索,物联网正是政府、产业界和学者共同关注的热点问题之一。物联网技术受到这种关注,得益于计算机技术的持久应用和发展,传感网、标签技术、微操作系统、能耗管理技术,都为今天物联网的普及应用打下了坚实的基础,物联网应用需要物联网专业人才。顺应这一潮流,国内有二十多所学校开设了物联网专业以满足社会对物联网研究人才、应用人才的需要。专业人才的培养离不开物联网专业的书籍,尤其是迫切需要物联网技术导读一类的书籍,引导读者进入物联网的殿堂。本书正是顺应这一需求而编写的。

本书作者在编写过程中,收集和阅读了大量的文献资料,并将在研发物联网项目中的心得体会也融入其中,全书取材新颖,内容丰富,既有理论阐述,又有



### 序三

应用实例，非常适合不同层次与不同领域的读者认识物联网、了解物联网、应用物联网。

本书的出版，无疑将对物联网产业的发展和应用的普及起到推动作用，也对培养物联网人才大有益处。

武汉大学计算机学院院长

2010年10月10日



## Preface

## 前言

信息产业持续数十年的高速发展，手机、互联网已经和大多数人的生活密不可分。就在人们不断质疑信息产业的成长性时，物联网概念的提出，给徘徊已久、疲态渐显的信息产业带来了新的希望。以“全面感知、深度互联、智慧应用”为特质的物联网从前瞻性的概念发展为学术界、产业界和政府的共识，其链接起来的智慧世界正一步步向我们走来。

物联网概念的提出，可以追溯到 2000 年前后的 Auto ID 项目，其目标是实现供应链上物品的自动标识。从 2009 年 8 月温家宝总理考察中科院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心提出建设“感知中国”中心开始，物联网才真正在中国引起反响。中央政府从最高决策层面在《国家中长期科学与技术发展规划（2006~2020 年）》中就物联网建设提出了指导性意见，并将物联网相关专题列入重点研究领域。继而有关物联网发展的论坛和研讨会接连不断，全国各地的物联网产业联盟相继成立，高等院校也开始筹备物联网专业，嗅觉敏感的证券市场也出现了一批物联网概念股。总之，从中央政府到各级地方政府，从学术界到产业界，都对物联网给予了极大的关注，认为它是超越互联网影响力的、下一波技术和经济的增长点。

随着物联网的概念不断深入人心，人们开始关注物联网的内涵。虽然读者可以从互联网或者平面媒体上，获得一些关于物联网零星的、片断的知识，但较为系统、全面地回答读者疑问的基础性的物联网书籍还不多见。本书编撰者认为，关于物联网有很多的疑问尚待进一步理清，比如，物联网是什么？物联网和云计算、传感网等热门词汇是什么关系？物联网能做什么？物联网该怎么应用？物联网有哪些关键技术？物联网的产业链怎么构成？我们能在物联网产业扮演怎样的角色？有没有物联网典型领域的应用案例？等等。



本书以回答上述问题为出发点,尝试解读物联网的关键技术,探寻物联网产业路线图。编撰者也希望给物联网政策制定者、产业链的相关人士和用户,提供一本简练而兼具深度的参考书,为有兴趣的读者进一步研究物联网提供一个起点。

本书在第1章首先说明了物联网的起源、概念及与相关领域之间的关系;第2章讨论了物联网的基本应用和扩展应用,包括生产、公共服务和日常生活方面可能的应用领域;第3章和第4章探讨了物联网的关键技术支撑及其发展路线图;第5章描述了物联网的产业链的构成;第6章介绍了物联网行业的应用实例,讨论了国内外应用现状、远景目标以及可供操作参考的实现方案。

本书的部分内容基于作者近期在计算机网络技术研究,信息化与电子政务规划,物联网产业园区规划,物联网应用系统研发等方面的研究成果。本书作者的相关研究工作得到了国家自然科学基金委员会“以网络为基础的科学活动环境研究”重大研究计划项目(编号:90812001),科技部科技基础性工作专项项目(编号:2007FY240400)和武汉市科学技术局科技攻关计划项目(编号:201010621208)等的资助,在此表示深深的谢意!

在本书的编写过程中,欧盟和 ETSI 发布的《物联网战略研究路线图》报告以及 IBM 的《智慧地球》报告,都让我们深受启迪。我们也参考了来自国内行业主管部门和产业界同仁的意见和建议,国内互联网上多个物联网专题论坛上专家的真知灼见,以及学者的论文报告也为本书提供了大量资讯和素材,在此表示衷心感谢。武汉大学的研究生李俊、高峰也为本书的编写提供了大力的协助。

特别要诚挚感谢的是,国家信息中心常务副主任、国家信息化专家咨询委员会委员王长胜研究员,中国科学院院士、华东师范大学何积丰教授,武汉大学计算机学院院长何炎祥教授,三位国内信息化和信息技术领域的权威专家和可敬师长,在百忙之中欣然为本书作序,他们的悉心指导、热情鼓励和无私提携让我们满怀感激,永不忘记!

由于编写水平所限,加之物联网技术和产业仍处于不断的发展和变化之中,书中错误和不足之处恳请专家、读者批评指正。

为了方便读者理解和应用本书,我们制作了与本书配套的 PPT 文档,欢迎感兴趣的读者来函索取。电子邮件地址: [ai.haojun@gmail.com](mailto:ai.haojun@gmail.com)。

作者

2010年9月



# Contents 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第 1 章 物联网是什么 .....       | 1  |
| 1.1 方兴未艾的物联网 .....       | 2  |
| 1.2 物联网的定义 .....         | 3  |
| 1.2.1 “物”的定义 .....       | 3  |
| 1.2.2 物联网的定义 .....       | 4  |
| 1.3 物联网的层次结构 .....       | 5  |
| 1.3.1 感知层 .....          | 6  |
| 1.3.2 网络层 .....          | 6  |
| 1.3.3 应用层 .....          | 7  |
| 1.4 物联网的精髓 .....         | 7  |
| 1.5 物联网与传统信息系统的关系 .....  | 9  |
| 1.6 物联网与热点技术的关系 .....    | 10 |
| 1.6.1 射频识别 .....         | 11 |
| 1.6.2 EPC 系统 .....       | 12 |
| 1.6.3 传感网 .....          | 13 |
| 1.6.4 泛在网络 .....         | 14 |
| 1.6.5 M2M .....          | 16 |
| 1.6.6 云计算 .....          | 18 |
| 1.6.7 信息物理系统 (CPS) ..... | 20 |
| 1.7 物联网的远景 .....         | 21 |
| 第 2 章 物联网的应用领域 .....     | 25 |
| 2.1 物联网的基本应用 .....       | 26 |



|       |              |    |
|-------|--------------|----|
| 2.1.1 | 物品全生命周期管理    | 26 |
| 2.1.2 | 社会安全         | 27 |
| 2.1.3 | 泛在通信         | 29 |
| 2.2   | 生产领域         | 29 |
| 2.2.1 | 航空航天工业       | 29 |
| 2.2.2 | 汽车工业         | 32 |
| 2.2.3 | 智能建筑业        | 34 |
| 2.2.4 | 制药工业         | 36 |
| 2.2.5 | 化学工业         | 38 |
| 2.2.6 | 农业生产         | 39 |
| 2.3   | 公共服务领域       | 41 |
| 2.3.1 | 医疗与康护        | 41 |
| 2.3.2 | 食物跟踪         | 43 |
| 2.3.3 | 商品流通与零售      | 45 |
| 2.3.4 | 环境监测         | 46 |
| 2.3.5 | 电网管理         | 47 |
| 2.4   | 生活领域         | 49 |
| 2.4.1 | 老人独立生活       | 49 |
| 2.4.2 | 客运与物流        | 50 |
| 2.4.3 | 旅游业务         | 52 |
| 2.4.4 | 保险业务         | 53 |
| 2.4.5 | 资源再生与循环利用    | 54 |
| 第3章   | 物联网的关键技术支撑   | 56 |
| 3.1   | 硬件和软件技术      | 58 |
| 3.1.1 | 硬件技术         | 58 |
| 3.1.2 | 软件技术         | 61 |
| 3.2   | 标识技术         | 66 |
| 3.2.1 | 互联网资源标识      | 67 |
| 3.2.2 | 条码技术         | 68 |
| 3.2.3 | 产品电子代码       | 73 |
| 3.3   | 物联网网络体系架构    | 74 |
| 3.3.1 | 物联网架构的技术要求   | 74 |
| 3.3.2 | SOA 在物联网中的应用 | 75 |



|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 3.3.3 EPCglobal 体系架构  | 76  |
| 3.4 网络与通信技术           | 80  |
| 3.4.1 无线通信网络          | 80  |
| 3.4.2 动态发现技术          | 83  |
| 3.4.3 网络管理            | 84  |
| 3.5 数据的表示与处理          | 86  |
| 3.5.1 可扩展标记语言 (XML)   | 86  |
| 3.5.2 电子商务全球化标准 ebXML | 87  |
| 3.6 物联网能量技术           | 88  |
| 3.6.1 能量采集技术          | 89  |
| 3.6.2 其他的能量相关技术       | 90  |
| 3.7 物联网安全与隐私技术        | 91  |
| 3.7.1 感知层安全           | 91  |
| 3.7.2 网络层安全           | 93  |
| 3.7.3 应用层安全           | 94  |
| 3.7.4 非技术因素           | 95  |
| 第4章 物联网技术的发展方向        | 97  |
| 4.1 物联网标准             | 97  |
| 4.1.1 物联网标准的组成        | 98  |
| 4.1.2 RFID 标准         | 101 |
| 4.1.3 媒体接入控制 (MAC) 协议 | 102 |
| 4.1.4 无线频谱的重新分配       | 105 |
| 4.2 标识技术              | 105 |
| 4.3 物联网网络体系架构         | 108 |
| 4.4 网络与通信技术           | 109 |
| 4.4.1 网络相关技术          | 109 |
| 4.4.2 通信技术            | 110 |
| 4.4.3 网络管理            | 112 |
| 4.5 数据的表示与处理          | 112 |
| 4.5.1 语义传感网           | 113 |
| 4.5.2 服务发现和组合         | 113 |
| 4.5.3 PML             | 113 |
| 4.6 搜索引擎技术            | 114 |



|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 4.6.1 | 语义搜索             | 115 |
| 4.6.2 | 搜索的安全机制          | 116 |
| 4.6.3 | 搜索技术的挑战          | 116 |
| 4.7   | 物联网能量技术          | 116 |
| 4.7.1 | 微系统的能量收集         | 117 |
| 4.7.2 | 微功耗技术            | 117 |
| 4.8   | 物联网安全和隐私技术       | 119 |
| 4.8.1 | 物联网的安全问题         | 119 |
| 4.8.2 | 物联网隐私问题          | 120 |
| 4.8.3 | 云计算的安全性 with 可信性 | 121 |
| 第 5 章 | 物联网产业链           | 122 |
| 5.1   | 物联网产业规模          | 122 |
| 5.2   | 产业链的构成           | 123 |
| 5.3   | 中国物联网产业现状        | 125 |
| 5.3.1 | 传感器              | 126 |
| 5.3.2 | 核心网芯片            | 127 |
| 5.3.3 | 应用设备制造           | 128 |
| 5.3.4 | 软件开发与应用集成商       | 128 |
| 5.3.5 | 电信运营商            | 129 |
| 5.4   | 中国物联网产业发展初探      | 133 |
| 5.4.1 | 中国物联网产业的发展趋势     | 133 |
| 5.4.2 | 中国物联网产业发展的方针     | 135 |
| 5.4.3 | 中国物联网发展中的政府角色    | 136 |
| 5.5   | 物联网平台与应用产品实例     | 137 |
| 5.5.1 | 系统解决方案型产品        | 138 |
| 5.5.2 | 物联网小应用           | 148 |
| 第 6 章 | 物联网典型行业应用实例      | 153 |
| 6.1   | 电子政务             | 154 |
| 6.1.1 | 国内外现状            | 154 |
| 6.1.2 | 远景目标             | 157 |
| 6.1.3 | 实现方案             | 158 |
| 6.2   | 有机农业             | 163 |
| 6.2.1 | 国内外现状            | 164 |



|                  |     |
|------------------|-----|
| 6.2.2 远景目标·····  | 166 |
| 6.2.3 实现方案·····  | 167 |
| 6.3 智能电网·····    | 173 |
| 6.3.1 国内外现状····· | 173 |
| 6.3.2 远景目标·····  | 176 |
| 6.3.3 实现方案·····  | 177 |
| 6.4 智能城管·····    | 180 |
| 6.4.1 国内外现状····· | 181 |
| 6.4.2 远景目标·····  | 182 |
| 6.4.3 实现方案·····  | 183 |
| 6.5 智慧港口·····    | 187 |
| 6.5.1 国内外现状····· | 189 |
| 6.5.2 远景目标·····  | 190 |
| 6.5.3 实现方案·····  | 191 |
| 6.6 智慧超市·····    | 195 |
| 6.6.1 国内外现状····· | 196 |
| 6.6.2 远景目标·····  | 197 |
| 6.6.3 实现方案·····  | 199 |

# 第 1 章

## 物联网是什么

物联网的概念最早出现在比尔·盖茨 1995 年的图书《未来之路》中，那时，比尔·盖茨就提及了物联网概念，只是受到无线网络、硬件及传感设备的技术限制，当时并未引起世人的重视。1998 年，美国麻省理工学院（MIT）Auto-ID 实验室创造性地提出了被称做 EPC 系统的“物联网”构想，主要是建立在物品编码、RFID 技术和互联网的基础上。

过去在中国，物联网被称为传感网。中科院早在 1999 年就启动了传感网的研究，并已取得了一批科研成果，建立了实用的传感网。同年，美国召开的移动计算和网络国际会议提出了“传感网是下一个世纪人类面临的又一个发展机遇”的观点。2003 年，美国《技术评论》认为传感网络技术位于未来改变人们生活的十大技术之首。

2005 年 11 月 17 日，在突尼斯举行的信息社会世界峰会（WSIS）上，国际电信联盟（ITU）发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》，正式论述了“物联网”的概念。报告指出，无所不在的“物联网”通信时代即将来临，世界上所有的物体从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾，都可以通过物联网主动进行信息交换。射频识别（RFID）技术、传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术将得到更加广泛的应用。物联网时代，在各种各样的日常用品上嵌入一种短距离的移动收发器，人类在信息世界里将获得一个新的沟通维度，从任何时间、任何地点的人与人之间的沟通连接，扩展到人与物和物与物之间的沟通连接。