

物联网与大健康

马建国, 金恒越

(广东工业大学计算机学院, 广东 广州 510006)

摘要: 物联网是信息化的必然产物。物联网的目的就是让物“会说话”, 而人的健康和日常生活城市的健康急需“会说话”。提出基于深度学习的泛在计算的物联网构架, 物联网通过嵌入式的深度学习, 实现从数据流到事件流再到知识流, 最后到价值流。物联网的技术核心是实现预测、防范和预防。

关键词: 物联网; 大健康; 工业 4.0; 中国制造 2025; 智慧城市; 智慧楼宇

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-3750.2018.00040

Internet of things and pan-healthcares

MA Jianguo, JIN Hengyue

College of Computer Science, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

Abstract: The Internet of things is the result of the informatization. The purpose of the Internet of things is to let things speak. The health of both man's body and the structures being used daily needs to talk urgently. A novel IoT architecture based on the deep machine-learning was proposed. The Internet of things through embedded depth learning, realizes the flow from the data stream to the streams of events, and then to the flow of knowledge the value stream. The core technology for IoT is prediction, protection and prevention.

Key words: Internet of things, pan-healthcare, Industrial 4.0, made-in China 2025, smart city, smart building

1 引言

物联网概念在 21 世纪初一经提出, 马上引起了全球的关注。那时人们仅仅把物联网简单认为是物体的互联网, 就是实现“万物互联”。国际电信联盟 (ITU) 在 2005 年 11 月发布的《ITU 互联网报告 2005——物联网》中指出, 实现物联网的前提条件是所有的物体实现每时每处 (anytime、anything、anyplace) 的链接, 由此也带动了以“万物无线互联”为核心的物联网研究浪潮, 著名的《经济学家》甚至于 2007 年 4 月 26 日出版题为“万物互联”的专刊。

德国政府于 2013 年 4 月正式发布的《工业 4.0 战略计划实施建议》指出: “在一个‘智能、网络化的世界’里, 物联网和服务 (Internet of things and services) 将渗透到所有的关键领域。工业 4.0 的重

点是创造智能产品、程序和过程。其中, 智能工厂构成了工业 4.0 的一个关键特征。人、机器和资源就像在一个社交网络里一样自如地相互沟通协作。其与智能物流和智能系统网络相对接将使智能工厂成为未来的智能基础设施中的一个关键组成部分。这将导致传统价值链的转变和新商业模式的出现。”它拉开了以物联网为核心的第 4 次工业革命的序幕, 并于 2014 年正式发布了“工业 4.0 战略计划实施平台”, 引发了持续的物联网研究热潮。媒体甚至将 2014 年称为“物联网元年” (the year of IoT)。物联网成为全球公认的引领新一轮经济发展的核心技术, 2016 年达沃斯全球经济论坛的主题就是“物联网遭遇制造” (Internet of things meet manufacturing)。知名的美国华尔街杂志 (Wall Street Journal) 于 2013 年 6 月 10 日刊登长文“A revolution in the making (制造业的革命)”, 提出“数字科技

正在使制造业转型，使制造更加简捷和智能——再造美国工业”。

中国也提出了“工业 4.0”的中国版——“中国制造 2025”，其以智能制造（或工业物联网）为契机，助力推进“中国制造”不断发展。

2 国内外物联网现状

从全球最具权威的 IT 研究与顾问咨询公司 Gartner 发布的一年一度未来新兴科技趋势图可以看出，物联网从 2012 年开始一路攀升，到 2014 年达到期望值的巅峰，如图 1 所示。这表明全社会对物联网的过度期盼，也说明了从 2006 年以来物联网在国际上拥有持续热度。一个新的颠覆性的技术被社会各界的关注度与这个词在各种媒体中出现的频度密切相关。

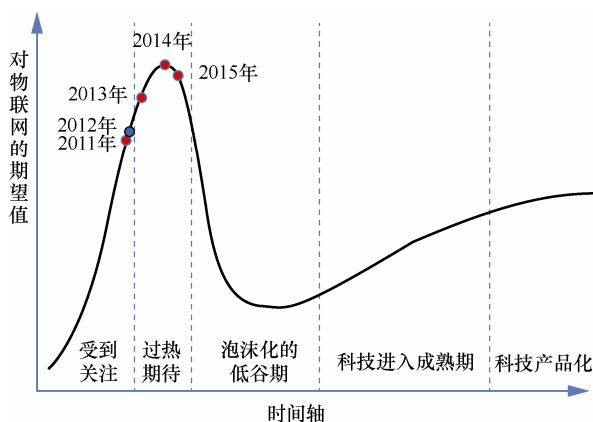


表 1 给出了从 2015 年 4 月 18 日到 2018 年 1 月 13 日作者在国外分别使用 Google 和百度对中英文物联网一词的搜索结果。结果表明，在 2015 年 4 月和 7 月时，英文物联网一词 Internet of things 在 Google 中搜索的结果分别是 21.15 亿条和 18.8 亿条，而 2015 年 7 月，使用 Google 和百度搜索中文“物联网”一词的结果分别是 326 万条和 307 万条。中英文物联网一词搜索的结果完全没有可比性，也就是说，到 2015 年，英文世界对物联网的热度远远高于中文世界，中文物联网出现的频度不及英文物联网出现的频度的零头。这说明在西方发达国家对于物联网的关注度和重视程度远远胜于我国社会各界对物联网的关注度和重视程度。正如 Gartner 对于新技术的期待预测图，从 2015 年开始，物联网逐渐开始变得不是那么过热，但依然是在期望的顶峰附近。英文物联网一词的搜索结果从 2015 年

4 月的 21.15 亿条跌到了 2017 年 10 月的 5.23 亿条，与此同时百度搜索中文“物联网”一词的结果持续升温，从 307 万条跃升到 1.16 亿条。该数据表明，与西方发达国家对物联网的热度相比，我国各界对物联网的关注度从 2015 年以来一直保持关注和旁观的态度，未引起高度重视。而西方发达国家对于物联网的重视程度尽管有所降温，但依然远远高于我国。到 2018 年 1 月，英文物联网 Google 搜索结果由 2015 年 4 月的 21.15 亿条跌到 2.23 亿条，与此同时百度对中文物联网一词的搜索结果更从 2015 年 7 月的 307 万条下跌到不到 2000 万条（不足英文物联网一词出现频度的 $\frac{1}{10}$ ）。这些搜索结果

表明，我国社会各界在物联网方面的关注度和对物联网的重视程度远远不如西方发达国家。甚至可以说尽管西方发达国家对物联网很重视，特别是对工业物联网很重视，我国依然对物联网保持旁观态度，这个应该引起人们的注意。

表 1 物联网词汇出现的频繁度

时间	谷歌搜索物联网结果（条）		百度搜索物联网结果（条）
	“物联网”英文	“物联网”中文	“物联网”中文
2015.04.18	21.15 亿	400 万	—
2015.07.28	18.8 亿	326 万	307 万
2016.04.07	14.9 亿	158 万	—
2017.01.22	9.49 亿	1 370 万	7 240 万
2017.10.16	5.23 亿	—	1.16 亿
2018.01.13	2.23 亿	251 万	1 980 万

2015 年，世界知名的咨询公司麦肯锡集团发布了对全世界物联网市场的预测，如图 2 所示。研究表明，到 2025 年，全球物联网的市场估值最少都在 4 万亿美元，而乐观估值更是高达 11 万亿美元。Cisco CEO John Chambers 在 2014 年高盛全球峰会（2014 年 2 月 13 日）上预测，未来几年物联网的市场将高达 19 万亿美元，并宣布物联网将是 Cisco 公司所有业务的主干战略支撑。Forbes 于 2017 年 12 月发表的“The Top 8 IoT trends for 2018”指出： $\frac{2}{3}$ 的受访企业已经开始使用物联网了。该文认为在 2018 年物联网将会持续受到重视，物联网产业将持续增长，并预测到 2021 年各公司在物联网领域的投入将超过 6 万亿美元。这也是西方发达国家对于

到2015年物联网可能带来的经济体量在4万亿~11万亿美元

物联网应用的九大领域

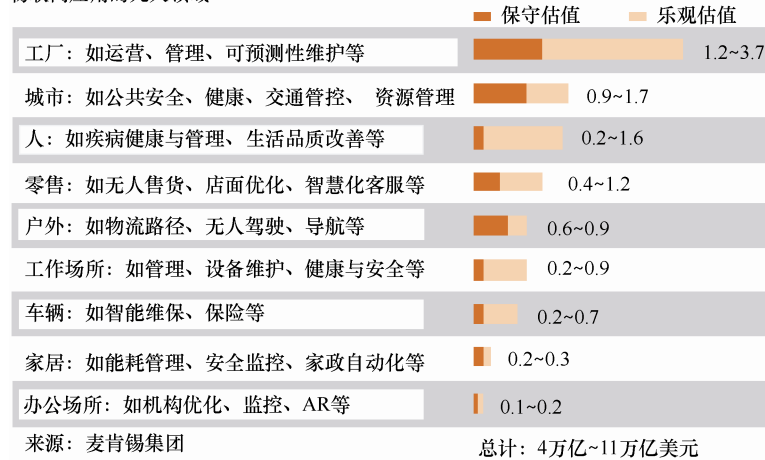


图 2 麦肯锡集团对于物联网市场的预测

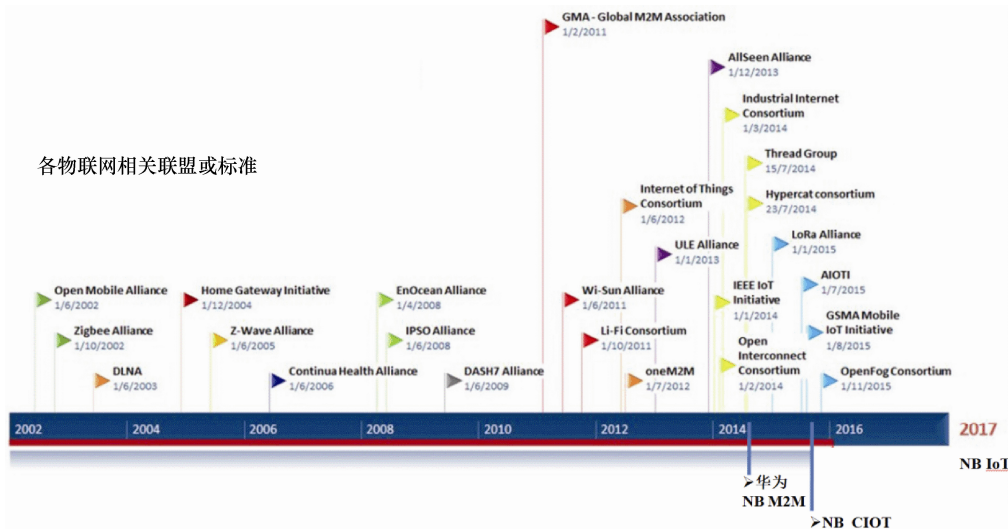


图 3 世界各种物联网联盟/标准一览

物联网的重视程度如此之高的原因。面对如此巨大的市场，为了占据物联网市场的制高点，国际知名公司竞相组成国际工业标准联盟，如图 3 所示。很多世界著名大公司如 IBM、Intel、Cisco、ARM、Samsung、Honeywell 等同时加入不同的物联网联盟，如图 4 所示，以在下一轮的技术高地竞争中抢占先机。

为了应对物联网发展及物联网专业人士的需求，很多国外大学（包括英国牛津大学、英国伦敦国王学院大学、美国加州大学伯克利分校、德国柏林自由大学等知名高校）都开设了物联网相关的课程。甚至一些海外大学开设了“物联网”的本科专业。2015 年 9 月，作者利用 Google 搜索“物联网课程”一词的英文，得到了 2.91 亿条结果。

IoT联盟	ARM	CISCO	Honeywell	IBM	intel	SAMSUNG
Alliance the Internet of Things Innovation(AIOTI)	●	●	●	●	●	●
Allseen Alliance	●	●	●	●	●	●
Industrial Internet Consortium	●	●	●	●	●	●
Internet of Things Consortium	●	●	●	●	●	●
IP SO Alliance	●	●	●	●	●	●
LoRa Alliance	●	●	●	●	●	●
Open Interconnect Consortium	●	●	●	●	●	●
Thread Group	●	●	●	●	●	●
Z-Wave Alliance	●	●	●	●	●	●
ZigBee Alliance	●	●	●	●	●	●

统计数据来源：PEvans, IoT Alliance Database, CGE, 2015

图 4 世界跨国巨头同时出现在多个不同的物联网联盟中

为了抓住这个百年不遇的机会，欧盟出台了关于物联网方面的政策。

1) 2009 年 9 月，欧盟发布了“物联网研究重点专项”（CERP-IoT, cluster of european research pro-

gram on Internet of things): 欧盟物联网重大研发专项的目的是强化欧洲在物联网方面的能力并且使正在进行的各种项目协调一致。物联网将提升整个欧洲的竞争力, 同时也是发展在信息化经济和社会的一个重要驱动力, 并且已经启动了从研究到应用涵盖面很广的项目。

2) 2009 年 6 月 18 日, 欧盟委员会向欧盟议会提交“欧盟物联网行动计划”。

3) 2009 年 9 月, 欧盟委会发布了“欧盟物联网战略研究路线图”(Internet of things: strategic research roadmap)。

4) 2009 年 11 月, 欧盟委员会以政策文件的形式对外发布了《未来物联网战略》, 目标是让欧洲引领全球。

5) 2011 年 11 月 3 日, 欧盟议会批准了“欧盟物联网行动计划”(成为欧盟的法律文件)。

欧盟委员会信息社会与媒体中心主任鲁道夫·施特曼迈尔说:“物联网及其技术是我们的未来”^[1]。

以上都说明了物联网在西方的热度和受重视程度。

3 物联网是一个基于深度机器学习的泛在计算体系构架

尽管物联网在海外热度如此高, 并且从产业界到学术界都给予极度的重视, 但至今对物联网没有统一的定义。大多是从物联网所基于的某个技术(如电子标签 RFID、无线传感器网络(WSN)、下一代互联网技术、5G 移动通信等)角度进行定义描述。国际电信联盟(ITU)在“物联网综述”标准中给出物联网的定义,“物联网是基于现有的/演进的可互操作的信息通信技术, 通过互联(物理和

虚拟)物件提供先进服务的全球信息社会基础设施(其中, 虚拟物件指的是在信息世界中可存储、处理和接入的内容, 如多媒体内容和应用软件等。借助识别、数据获取、处理和通信能力, 物联网能够提供满足安全和隐私要求的各种类型的应用服务)。”早在 2005 年 ITU 的报告就指出物联网必须满足“3 个 any”, 如图 5 所示。

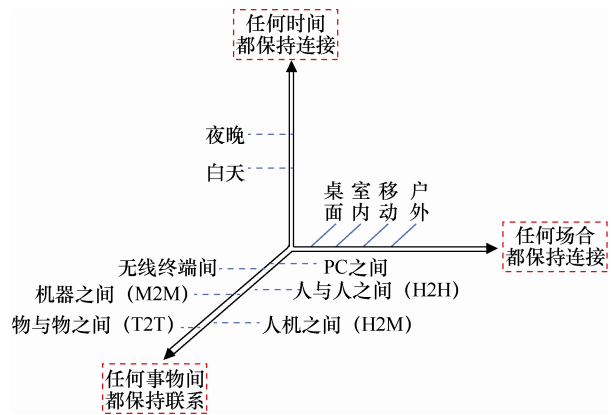


图 5 物联网需要满足的“3 个 any”

由此可见, 目前所采用的任何技术都无法完全满足这“3 个 any”的条件。邬贺铨院士^[2]指出:“物联网是新一代信息技术的重要组成部分, 也是信息化发展的重要标志。”可见, 物联网是全社会信息化的必然结果, 一般来说物联网具备以下 4 个要素: 感知、存储、传输和数据分析。

1) 感知

通过各种各样的传感器将物数字化。这些支撑物联网的感知节点(设备)构成了物联网的硬件基础之一。表 2 是各大公司乃至世界知名咨询公司对于感知节点的预测, 就连最保守的 Gartner 公司估计也有超过 200 亿个物联网节点, 而 Morgan Research 公司的预测更是高达 750 亿个。

表 2 到 2020 年物联网节点数预测

发布时间	机构	预测到 2020 年全球物联网节点数
2011 年	Ericsson's CEO Hans Vestberg	全球将有超过 500 亿个物联网节点
2013 年	Ericsson's CEO Hans Vestberg	全球将有超过 500 亿个物联网节点
2013 年	ABI Research report	全球将有超过 300 亿个物联网节点
2013 年	Morgan Stanley report	全球将有超过 750 亿个物联网节点
2014 年	Intel	全球将有超过 310 亿个物联网节点
2014 年	ABI Research updated report	全球将有超过 410 亿个物联网节点
2015 年	Gartner Research	全球将有超过 208 亿个物联网节点
2015 年	BI Intelligence	全球将有超过 3 400 亿个物联网节点

其中，越来越多的感知节点是感知图像，由于无人平台（如无人驾驶、无人机、机器人、机器视觉等）的普及化，图像传感器的像素和帧频数要求越来越高，使图像感知节点产生海量的数据，如表3所示。表3中的 N 是图像处理算法所需要的一个参数 ($N>3$)。因此，物联网催生了大数据。专家预测，在不久的将来物联网带来的数据规模将达到 10^{27} bit 的量级 ($1\text{ TB}=10^{12}\text{ bit}$)。如此海量节点的链接将创造巨大的市场机会。

表3 1 000 万像素摄像头在不同帧频下产生的原始数据量

帧数	读出电路	初级图像处理	高级图像处理
100	8 Gbit/s	24 Gbit/s	24 Gbit/s×N
1 000	80 Gbit/s	240 Gbit/s	240 Gbit/s×N
10 000	800 Gbit/s	2 400 Gbit/s	2 400 Gbit/s×N

2) 存储

海量的节点需要有海量的分布式来存储。特别是对于图像感知节点信息的存储，产生了分布式大数据的存储要求（例如，1 000 万像素的图像传感器，按 8 位 ASCII 码存储的话，每一帧就是 80 Mbit。对于普通的传统电视信号，每秒是 25 帧。这样就产生 2 Gbit/s 的原始裸数据。而这些数据在每一个点都是单色的（分别是 RGB），为了在每一点都表示为彩色，总数据量就不会小于 6 Gbit/s）。这使存储不得不成为分布式且有序的分类存储，产生了分布式的大数据。

3) 传输

如此众多的节点需要被链接，目前有很多 IoT 的链接标准，典型的有以下几种。

①LoRa /LoRaWAN: LoRa 是 Semtech 的 PHY，

没公开。只有使用该公司的芯片，才可以不付费。LoRaWAN 是由 IBM、Actility、Semtech 和 Microchip 发起的标准（除去 PHY），是公开的。LoRa 有 3 类：第一个是在每一次上传后有一个小的下行窗口；第二个是定时的下行；而最后一个是始终接收下行的信息（一个比一个消耗更多的能量）。

②Weightless: 分为 Weightless-W（未使用的本地电视频谱空隙）、Weightless-N（仅有上行）和 Weightless-P（上下行均有，基于 Platanus）。

③OnRamp: 内部的协议（RPMA: random phase multiple access）。

④Platanus: M2COMM 自己的标准，用于处理高密度中等距离，如 ETC。

⑤SIGFOX。

⑥Telensa (formerly Senaptic): 最初是为停车场设计的。

⑦Amber Wireless。

⑧M2M Spectrum Networks: 在美国使用特许频段用于 M2M 通信。

表 4 给出了几个主流协议关键指标的简单比较，这些协议仅仅是提供了感知节点与网络的数据低速上传，属于数据的收集阶段。每个节点本身必须具备使用这些协议无线连接的功能，而目前这些协议相互间不兼容。每一个协议需要一个特定的芯片来支持，图 6 给出了目前各种芯片的相对价格（以蓝牙芯片为单位）。

由于目前协议的不通用和芯片的单一等导致芯片成本居高不下，是制约物联网信息化的一个瓶颈。

感知、存储和传输是传统信息化必备的 3 个要

表 4 部分 IoT 通信协议比较

协议	户外距离	频谱带宽	数据速率	电池寿命	适用性
SIGFOX	<13 km 160 dB	Unlicensed 900 MHz 100 Hz	< 100 bit/s	> 10 年	today
LoRa	<11 km 157 dB	Unlicensed 900 MHz < 500 kHz	< 10 kbit/s	> 10 年	today
Clean slate cIoT	<15 km 164 dB	Licensed 7~900 MHz 200 kHz or dedicated	< 50 kbit/s	> 10 年	2016
NB LTE-M Rel.13	<15 km 164 dB	Licensed 7~900 MHz 200 kHz or shared	< 150 kbit/s	> 10 年	2016
LTE-M Rel. 12/13	<11 km 156 dB	Licensed 7~900 MHz 14 kHz or shared	< 1 Mbit/s	> 10 年	2016
EC-FSM Rel.13	<15 km 164 dB	Licensed 8~900 MHz 2.4 kHz or shared	10 kbit/s	> 10 年	2016
5G(targets)	<15 km 164 dB	Licensed 7~900 MHz or shared	< 1 Mbit/s	> 10 年	beyond 2020

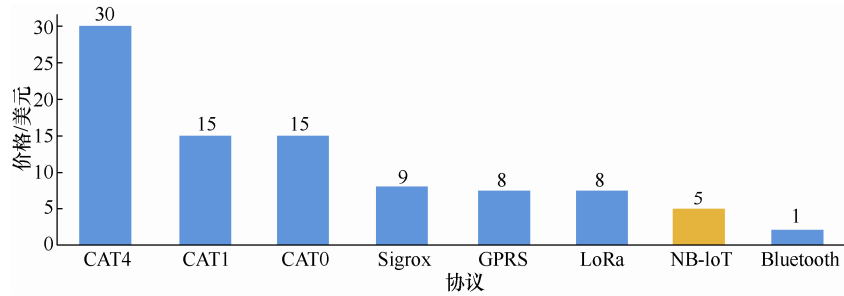


图6 目前各种协议的芯片相对价格

素，传统上数据的分析及挖掘与数据的采集和存储以及数据的传输割裂开来，各自为政。

4) 数据分析

有了这些数据以后，就需要对其进行分析。各种计算手段和 IT 技术都可以用来支撑物联网的需求。由于数据汇集产生了大数据，因此，必须依赖于云计算对其分析。但由于物联网的海量节点产生了分布式的大数据，必然导致分布式的云计算来服务于分布式的大数据以及针对分布式大数据的挖掘。由于很多的感知节点本身就产生海量的数据，或很多感知节点组成了局域的特定感知簇 (cluster)，这些引出了雾计算 (雾计算支持物联网概念，在物联网里大量日常使用的设备需要被链接起来)。也就是说，雾计算是一个非集中式的“云

计算”或小型的局域云计算，更加靠近感知设备或个体的用户端。因此，本文提出了基于机器学习的泛在计算的物联网构架，如图7所示。

在物联网时代，计算变得无处不在。计算与数据挖掘逐步下沉，越来越靠近感知端和用户端。将来的趋势是每一个感知簇 (甚至感知节点) 都具备计算与数据挖掘的功能 (尘计算或嵌入计算的感知， computing embedded sensing node)。从尘再到雾再到局域云最后到云端构成4级数据链，之间由各种协议的网络连接在一起，到处都有基于深度机器学习的计算。这时整个网络上传输的数据不是传统的无意义的的数据流，而是携带着经过机器深度学习计算出结果的双向信息流。这个信息就是原始“物”的特征，也就是说数据的挖掘从感知时就开始了。

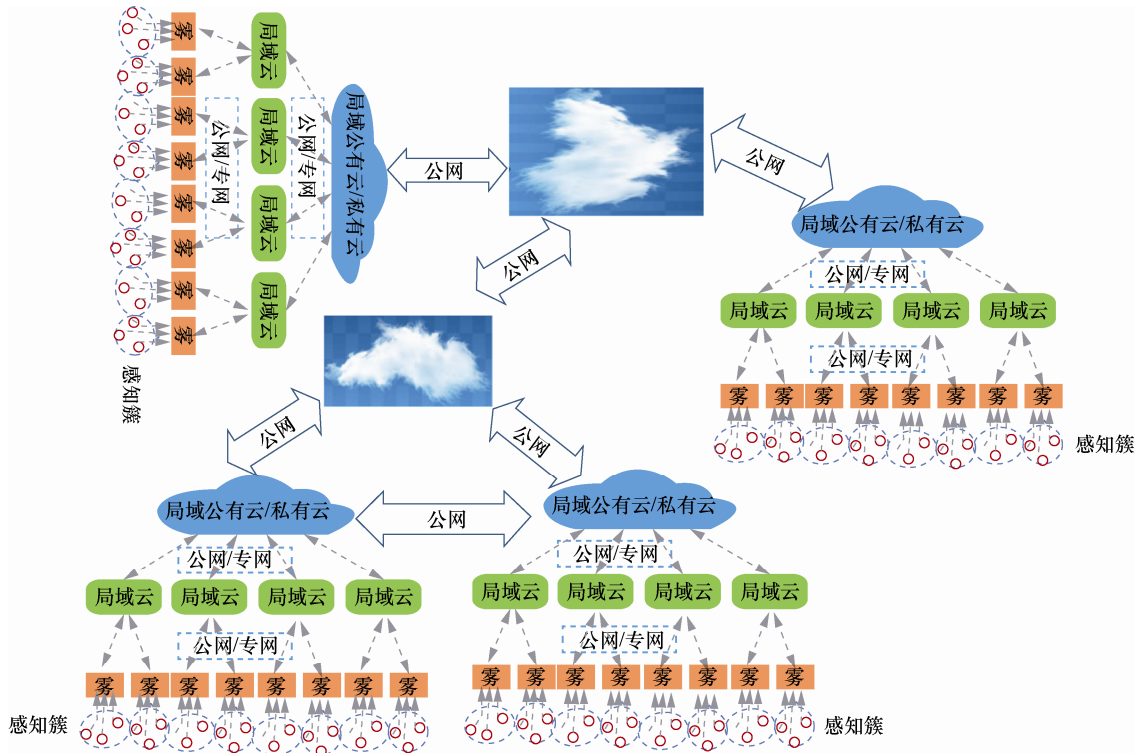


图7 基于机器学习的泛在计算的物联网构架

这个计算不仅仅是在云端和雾端，而且也是在感知端和传输层。传统的网络仅有数据流，而物联网拥有万物各自特征的信息流，而不再是数据流（当然，依然是以数据的形式）。

例如，如果全世界每个人身上都带有一个温度传感器，温度计输出的依然是度数。但在温度传感器中嵌入计算和判断：当温度低于 37℃ 时，温度计只是记录并错峰上传或离线回传温度数据；当高于 37℃ 时才给出警示，对携带者提供警示信号；如果温度迅速高于 38.5℃，警示将通过携带者的通用无线设备（如智能手机），自动传送给家庭医生（甚至直接自动寻呼急救中心）。是否给本人警示、是否直接向医生报警，这些都是在温度传感器上进行的（尘计算）。每一个小区（或学校、公司等）通过获得的警示流（事件流）来判断是否是一个群体现象（雾计算）。雾计算的结果再汇集到市里的疾病防控中心，判断是否爆发流感（云计算）。

如果将一个比特一个比特的数据比喻成沙子的话，一个个大数据就是一座座大山和孕育出山里面的矿藏。大数据挖掘的目的就是找矿，关心的不是数据本身，而是大数据后面可能带来的“风雨”和山里的矿藏。因此，物联网就是让每一个物会说话^[3]、让每一个数据会说话（数据流变成信息流）。而深度机器学习就是通过学习来抽取每一个事物的特征以及由事物特征图案流构成的事件流。

4 健康最急需会说话

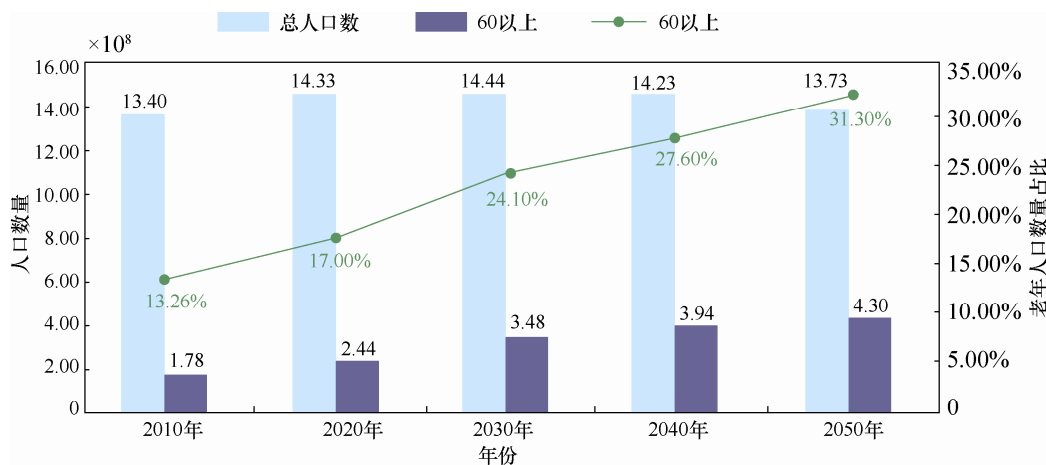
现在，个人的健康状况不会说话，人们只能通过定期的体检来获知自己的健康状况，并能够针

对某些健康的不良状况预先采取措施。但这些都不能够保证人们始终都是知道自己的健康状况的，当健康出问题后再找医生，仅仅是去看病，为时已晚。人们需要实时（任何时间、任何地点、任何场合）地知晓自己身体的健康状况，急需身体的健康会说话——智慧健康（smart healthcare）。

尽管人们的身体是健康的，但如果生活环境和衣食住行等状态不是“健康”的，人们也不能够健康快乐地生活。因此，人们急需城市的“健康”会说话——智慧城市（smart city）；急需建筑物的“健康”会说话——智慧楼宇（smart building）；急需飞机的“健康”会说话——智慧飞机结构健康监控（SASHM, smart aircraft structure health monitoring）；急需汽车的“健康”会说话——智慧车辆（smart vehicle）；急需交通的“健康”会说话——智慧交通（smart transportation）；工厂的“健康”需要会说话以提供合格价廉的产品等。因此，这些领域是急需物联网的，物联网不只是简单地将冰箱联网、将马桶盖联网、将窗帘按照事先约定的时间开启等。

4.1 智慧健康

2017 年 12 月 7 日，首届金砖国家老龄会议报道，2016 年金砖国家 60 岁及以上老年人口数量达到 4.0 亿，约占世界老年人口数量的 42%，预计 2030 年将增至 6.3 亿，2050 年将达到 9.4 亿，届时占全球老年人口数量的 45%。其中，我国 60 岁及以上老年人口数量在 2016 年达到了 2.3 亿，约占我国总人口数量的 16.7%。根据中国社会科学院的统计，到 2050 年，我国 60 岁以上的老年人口数量将达到总人口数量的 31.4%，如图 8 所示。在 2030 年，中国的老龄化程度就和 2013 年日本的老龄化



统计数据来源：中国社会科学院

图 8 到 2050 年中国的老龄化程度

程度一样，如图9所示。全国老龄办、民政部、财政部于2016年9月在京共同发布第4次中国城乡老年人生活状况抽样调查结果。调查结果显示，我国失能、半失能老年人数量大致为4 063万，占老年人口18.3%。老年人的家庭环境不适应老年人身体状况变化的超过了6成。此外，民政部下属研究机构中民社会救助研究院发布《中国老年人走失状况调查报告》。该报告显示，每年全国走失老人约有50万人，平均每天走失约1 370人，失智和缺乏照料成为老人走失的主要原因。

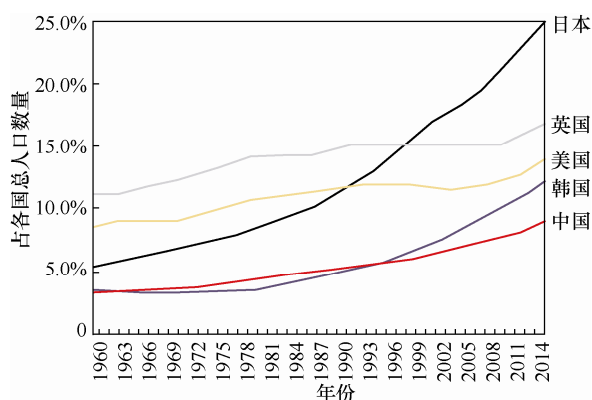


图9 目前世界主要国家的老龄化程度

世界著名的医疗健康咨询公司—英国的Deloitte发布的《2020健康医疗预测报告》中指出：目前全球有3.82亿糖尿病患者，四分之一在中国。而中国的“三高”患者总数高达3.5亿！百度百科显示：在中国人的十大死亡原因中，与代谢疾病相关的死亡率就高达35.7%，与“三高”相关的死亡人数也占总死亡人数的27%。随着生活水平的提高和生活节奏的改变，被称为“富贵病”的“三高症”（即高血压、高血糖和高血脂），是50岁以上中老年人健康的常见病。全世界每年死于心脑血管疾病的人数高达1 500万人，居各种死因首位。心脑血管疾病已成为人类死亡病因最高的“头号杀手”，心脑血管疾病具有“发病率高、致残率高、死亡率高、复发率高、并发症多”，形成“四高一多”的特点。目前，我国心脑血管疾病患者已经超过2.7亿人。现在“三高”又有年轻化的趋势，2010年全国学生体质调研中，19万余名7~17岁汉族学龄儿童血压结果显示，儿童高血压患病率为14.5%，其中，男生为16.1%，女生12.9%。住院高血压患儿的病因以继发性高血压为主，占52%，且年龄低于原发性高血压儿童。肾原性疾病始终占据首位，占

儿童继发性高血压的 $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$ 。根据中国残疾人联合会公布的数据(根据第6次全国人口普查):我国有8 502万残疾人。截至2016年底，全国残疾人人口基础数据库入库持证残疾人数量为3 219.4万。

搜狐新闻2017年4月7日(世界卫生日)报道：据世界卫生组织的最新估计，全球有逾3亿人罹患抑郁症，约占全球人口的4.3%，近10年来增速约18%，其中，中国有5 400万患者。权威医学杂志《美国心脏病学会》2015年刊登的题为“中国成人的心血管健康状况”的研究表明： $\frac{3}{4}$ 的中国人

心血管健康状况不佳，如果按照美国心脏病学会标准，健康指标全部满足的中国人仅仅为2%。也就是说，几乎所有的中国人心脏都不是完全健康的，或都呈亚健康状态。世界医学权威杂志《Lancet》于2015年1月发布了《全球疾病负担报告2013》，该研究评估了1990~2013年间188个国家的死亡情况，由美国华盛顿大学健康指标和评估研究所(IHME)领导的国际研究人员联盟指导进行。报告显示，在中国，最致命的3种疾病是脑卒中、冠心病以及慢性阻塞性肺病，这3种疾病造成的死亡人数占2013年全部死亡人数的46%。而根据世界卫生组织的定义，心血管病是心脏和血管疾患引起的，包括冠心病、脑卒中、高血压、心衰等。换言之，中国最致命三大健康杀手，心血管疾病占去2个。

只有随时随地对上述人群进行健康监测，才可以确保这些人的身体健康处于有效的控制范围之内。传统的监控监测方式无法做到任何时候任何场合的健康指标监控，而物联网就是让物会说话。物联网技术可以使人们的健康状况随时说话—可穿戴智能设备，如图10所示。

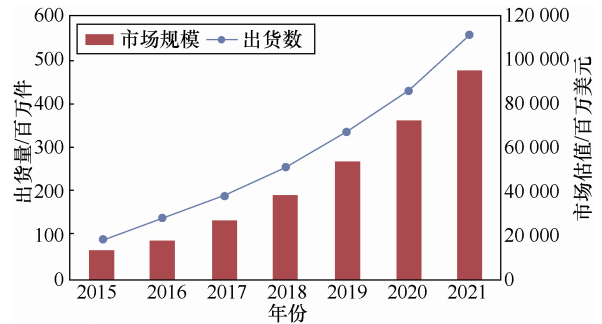
通过各种可穿戴智能设备，实时地将人们的各种健康指标参数收集下来，并按照预先设置的各种阈值由随身携带的智能终端(如智能手机等)进行简单的判断，并根据判断结果有目的地访问智能网络服务器以获得咨询建议。根据咨询建议通过云端连接虚拟家庭医生或有医生通过网络进行远程看病。对于紧急情况，智能网络服务器直接呼叫救护车并联系好就近合适的医院，做好一切医护准备。当人们的健康指标有任何的不正常或异常，就可以及时地得到处置，而不是等到发病时才知道，为时已晚。



图 10 可穿戴智能设备可以实现在线实时体检来监控人们的健康状况

Arsene “智慧健康并不是酷、噱头、赶时髦或好玩，而是在于它对于我们的社会来说比很多进来的其他创新更加具有真正非凡、现实意义和深远的影响”。因此，国际大公司（如 Intel）专门设立部门来开发智慧健康的解决方案。由于全球老龄化等和人们对于健康实时监测的关注，智能可穿戴设备成为新的宠儿。据预测，到 2021 年，智能可穿戴设备的市场将高达 90 亿美元，如图 11 所示，而 2022 年整个物联网在健康方面的市场更高达 4 100 亿美元。仅仅智能手环类的产品，到 2021 年市场就高达 503 亿美元，如图 12 所示。

这说明全社会对智慧健康的重视。



统计数据来源：Tractica

图 11 2015~2021 年智能可穿戴设备市场预测

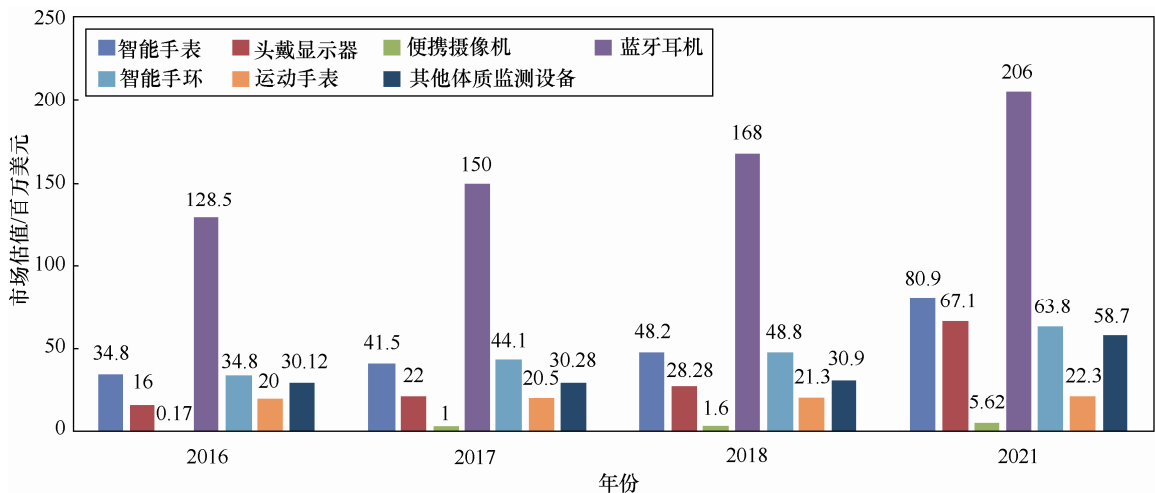


图 12 Gartner 预测智能手环类产品的市场趋势

4.2 智慧飞机结构健康监测

飞机在天上飞，飞机的任何部位、任何零件在任何时候都必须确保健康的，急需会说话，从控制影响飞行状态的机械电气参量（图 13(a)）到飞机的多层材料构成的机体（图 13(b)）再到发动机（图 13(c)）。

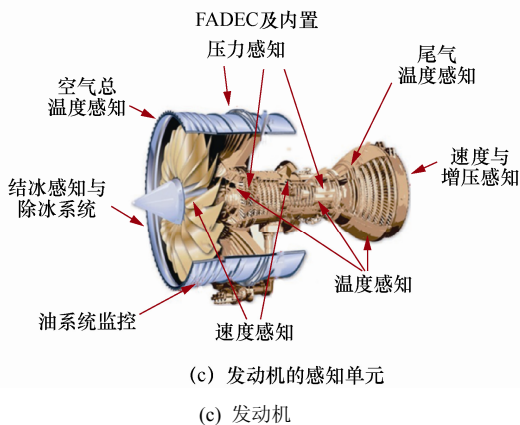
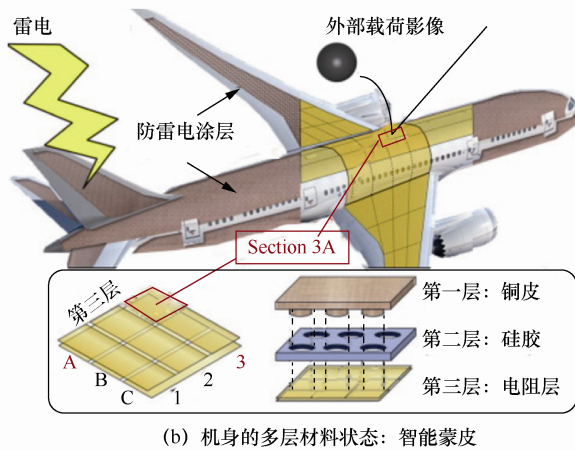
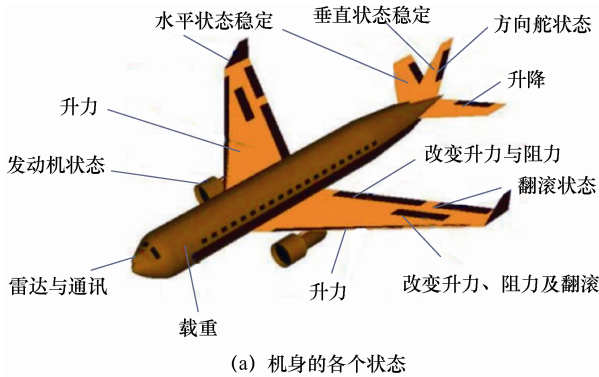


图 13 飞机结构健康监测

图 13 是飞机飞行过程中各种主要的状态，每一部分的状态都需要实时记录下来。任何异常的行为都要及时判断，将任何部位、任何零件可能的不正常行为都及时监测并将任何潜在的事故都扼杀在萌芽中。

所有的这些都是目前已经普遍采用的实时监控措施（ASHM），而物联网技术可以通过图 7 所示的飞机结构域网，实现实时的局部状态事件的输出。

4.3 智慧车辆与智慧交通

汽车已经成为人们日常生活中不可或缺的物品，甚至已经属于“消费类”物品了，而道路交通事故频频发生。据世界卫生组织（WHO）2015 年官方报告表明：2013 年全球因交通事故死亡人数高达 125 万，而中国大陆死亡人数超过 26 万人。全球 15~29 岁的年轻人中交通事故成为第一大死亡原因。数据表明交通事故伤亡对于中低收入国家来说造成的损失大约是其 GDP 的 5%，而全球的平均是总 GDP 的 3%。根据国家统计局 2018 年 1 月 18 日公布的最新统计数据：2017 年我国全年国内生产总值 827 122 亿元。也就是说，按照世界卫生组织公布的比例，我国 2017 年由于交通事故导致的损失超过 41 000 亿元。因为车辆“不会说话”、交通无法“告知”人们其“健康状况”。所以导致如此巨大的损失。人们迫切希望车辆和交通能够“会说话”。

对于一个汽车安全驾驶来说，需要实时获知很多种状态，如图 14 所示。只有每一个状态随时随地都必须是健康的，车的状态才能够健康。因此，每一个状态都需用一系列专用的感知系统来感知每一个时刻的状态情况。而统计表明，欧美 70% 的长途车事故是由于胎压不正常造成的。例如，研究表明轮胎胎压比正常值降低仅 10%，就会导致车辆增加 2% 的燃油消耗，美国每年因此多耗油 86 亿升、多排放 CO₂ 达 2 600 万吨；这一点胎压的变化还会导致轮胎寿命减少 25%，因此全球浪费 2 亿只轮胎。如果在轮胎中安装智能感知系统，实时地预报车辆的胎压，就可以避免这些问题。所有这些感知系统按照图 7 构成了一个智能车辆的车体局域网。

大量的车上路就构成了一个车流，就不是一个孤立的车了。大多数的车祸发生都不是因为车本身出了故障，而是因为车与车之间互不知情。很多追尾事故就是因为车之间没有实现即时的沟通。而智慧交通就是让整个的车流会说话，如图 15 所示，随时告知相互之间的行车状况和路况。这样，不仅交通管理中心可以实时地知道整个的交通车流情况，每一个车主也能够实时地知道前后车流的情况和前后的路况。这样，就可以避免很多车祸。

4.4 智慧城市

人们生活的环境必须确保是完美健康的，那

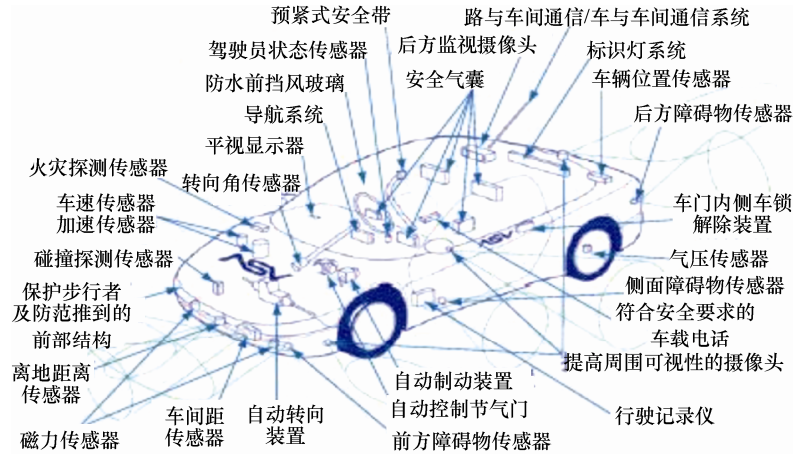


图 14 一个汽车需要被监控的状态

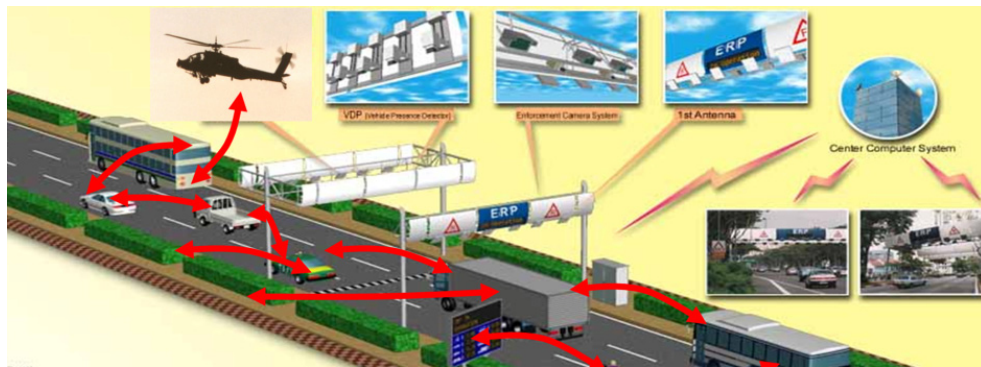


图 15 智慧交通示意

些不完美不健康也会直接或间接地影响到人们的生活质量甚至生命安全。智慧城市就是确保人们工作生活的城市在任何时候都是健康的，生活舒适健康。

现在城市中的桥梁比比皆是，是人们城市生活中避免不了要日常使用的。桥梁刚修建好的时候都是健康的。但经过长时间的运行以后，是否依然健康就是一个问题。任何一个建筑都是有寿命的。据楚天都市报 2014 年报道，近 30 年中国建起了 50 多万座桥梁，现在面临诸多挑战。以武汉为例，处于完好状态的桥梁有 554 座（占 96%）、存在一般病害的桥梁有 21 座（占 3.6%）、存在较大病害的桥梁占 1.4%。按照此比例，全国就有近 2 万座桥梁处于有一般病害状态，而存在较大病害的桥梁就有 7 000 多座。人到中年还会出现“三高症”、心血管系统出现问题等（尽管在出生时都是完美健康的）。现在越来越多的桥梁进入了寿命的“中年”。这些桥梁的“健康状况”需要及时会说话。如图 16 所示，由于交通拥堵使车流的一个方向顺畅，而另一个方向堵满车辆。

这种状况肯定对于桥梁的健康状况不利。而现在全国的高铁通车已经超过 30 000 km，几乎都是高架桥。城市的高架桥也越来越多。它们的每一寸都需要是健康的。传统的结构健康监控（SHM, structural health monitoring）技术将向智能结构健康监控（SSHM, smart structural health monitoring）发展，使人们能够及时获得完整的健康数据。



图 16 桥梁的健康状况需要被实时监控

表 5 人与建筑物对比

项目	人	建筑物
目标	长的健康寿命需要	长的健康寿命需要
具体方法	强壮的好身体 定期体检 预防性处理（如预防针）和保健药 小病及时治疗 and 康复 年纪大时适当减小工作强度	稳定的好结构 定期勘察 预防性加固和增补新材料 小问题及时修复和康复 长龄使用时适当降低使用度

表 5 将人与建筑物进行了对比，可以发现其中很大的相似度。为了随时监控人的健康状况，智慧健康（smart healthcare）成为未来的趋势，催生了可穿戴设备的长期火爆。同样对于建筑物来说智能结构健康监测（SSHM, smart structural health monitoring）技术也将成为未来发展的趋势，是物联网在建筑结构中的重要应用。如何构建“可穿戴”的智能监控是未来结构健康监测所面临的巨大挑战。

根据 Frost & Sullivan 公司预测，到 2020 年全球智慧城市市场将高达 1.565 万亿美元，如图 17 所示，占比最大的是智慧政府和教育（占 $\frac{1}{4}$ ）。

根据英国建筑服务研究与信息协会（BSRIA）的预测，智慧城市的市场主要集中在中国大陆，如图 18 所示。在未来，中国将成为世界智慧城市的引领者。

5 物联网的核心“3P”原则

物联网不只是一个简单的“网络”，更是一个基于深度学习的泛在计算过程。本文提出的“由尘到雾再到云”的构架，实际上是在做分布式的数据挖掘。核心是挖掘出人们希望的内涵。

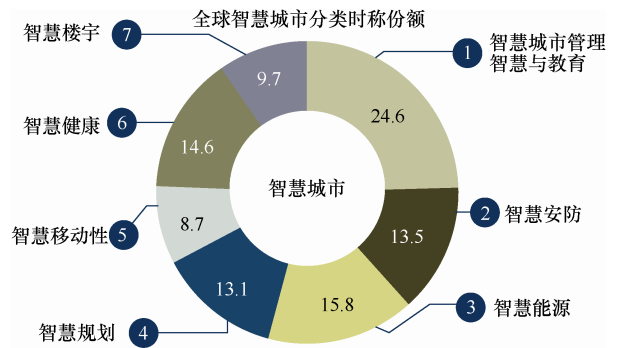


图 17 Frost & Sullivan 公司预测到 2020 年全球智慧城市市场将高达 1.565 万亿美元

这个逻辑过程非常类似人的知识产生过程，首先通过五官和肢体来感知到客观的物理世界并转换成生物信号流；再从这些信号流中提取出人们感兴趣的事物的特征（当没有人感兴趣的特征时，就会出现所谓的“视而不见”）；然后再从这些提取的特征中总结规律并获得相关的特征图像（是一个渐进的学习过程）；再根据事物的特征图像流抽提出事件（当然，这一步取决于实现关于事件的预设）；然后再从中归纳出事件的特征和其相应的特征图像；通过特征图像进而总结出相关的知识来；利用总结出来的知识产生附加的价值，如图 19 所示。每一步都嵌入了基于深度学习的计算，使在整个物

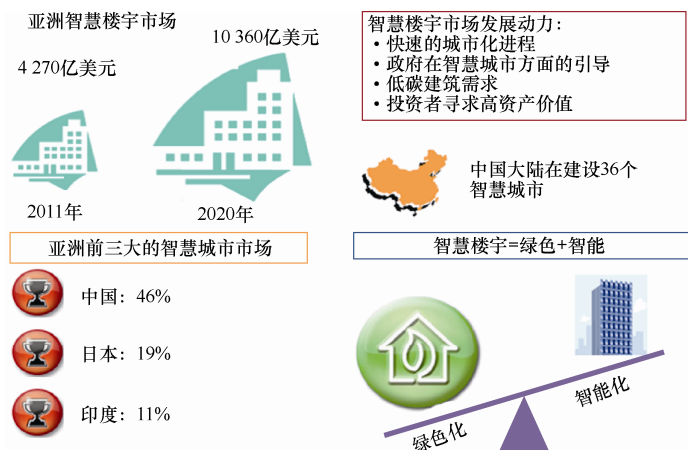


图 18 中国智慧城市占全球近一半的市场

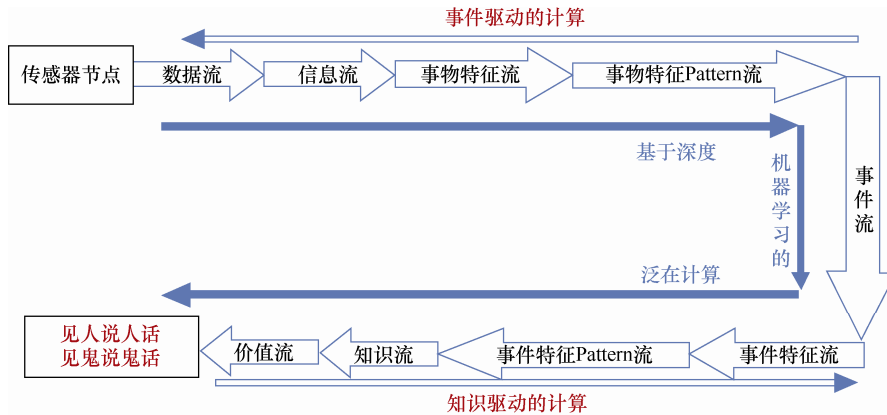


图 19 物联网价值链的生成

联网里计算变得无处不在。而这也是物联网与互联网的根本区别之一。

前面讲到，物联网就是让物会说话，最紧急的是让健康会说话。而说话的目的是希望最后针对“话”来“听话听音”。通过嵌入式的深度机器学习，物联网的核心可以总结为“3个P”。

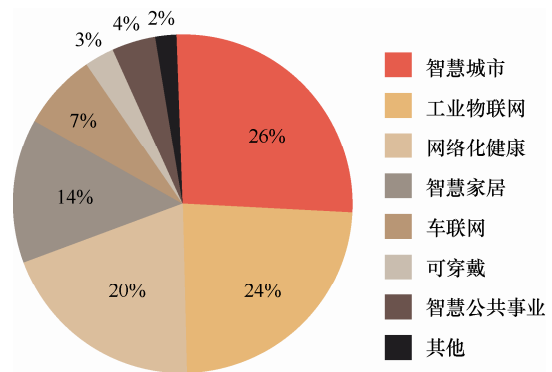
1) Prediction (预测)。通过不断地对物的特征流进行总结和提炼，来判断事物发展的趋势。对于监控的健康来说，通过物联网，第一步不仅仅可以获得是否健康的资料，更重要的是可以获得特征。根据特征来获得健康变化的趋势，预测出是否将会带来比较严重的健康问题。例如，通过对体温的连续实时观测，看是否会产生发烧的趋势。

2) Protection (防范)。根据预测出来的结果，如何进一步防范其他事件的发生。例如，出现了温度升高的趋势、并开始发烧。可以通过迅速地吃一些退烧药或使用物理降温以避免体温进一步提高，从而避免发高烧。

3) Prevention (预防)。根据提取出来的事件和相关的知识，来避免不利于健康的情况发生。例如，预测到体温有进一步提高到不利于健康的程度，预先进行处置，从而避免任何体温过高的现象发生。

6 结束语

物联网的目的是实现智能化的“监控”。监控就不得不永远在线，这也是人们所面临的最大的技术挑战。Growth Enabler Analysis 公司给出了物联网发展的应用领域，如图 20 所示。由图 20 可知，排在物联网应用第一位的是智慧城市，第二位是工业物联网，而智慧健康（网络化健康+可穿戴=23%）是第三位。



统计数据来源：Growth Enabler Analysis

图 20 物联网应用领域

世界卫生组织给出了到 2030 年人的前 10 个死亡原因，如表 6 所示，智慧健康成为减少死亡率的唯一保障。

表 6 国际卫生组织预测到 2030 年人的前 10 个死亡原因

排序	死因	占比
1	缺血性心脏病	14.2%
2	脑血管疾病	12.1%
3	肺慢性阻塞性疾病	8.6%
4	下呼吸道感染	3.8%
5	道路交通事故	3.6%
6	肺癌、支气管癌、气管癌	3.4%
7	糖尿病	3.3%
8	高血压性心脏病	2.1%
9	肺癌	1.9%
10	艾滋病	1.8%

智慧城市不是一个项目，而是城市发展的一个过程。智慧城市就是让城市的方方面面会说话（包括交通、建筑物、政府、环境等），以实现 SEED。

智慧城市的特征如下。

- 1) 可持续。
- 2) 高效率。
- 3) 好环境。
- 4) 多样性。

IDC 公司 2016 年的调查表明, 58% 的受访企业认为物联网是公司的战略方向。

邬贺铨院士^[2]指出: 物联网是两化融合的切入点、社会管理的支撑点、民生服务的新亮点。物联网产生大数据, 大数据支撑物联网。物联网与移动互联网、云计算、大数据相伴发展, 物联网成为大智移云时代的重要支柱, 大智移云时代也为物联网发展开拓广阔市场。物联网是产业互联网的核心技术。

参考文献:

- [1] 海天理财. 一本书读懂物联网[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015.
Haitian Financial. A book to understand the Internet of things[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2015.
- [2] 邬贺铨. 物联网技术与应用的新进展[J]. 物联网学报, 2017, 1(1): 1-6.

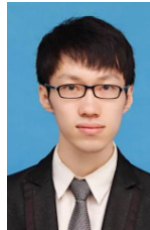
WU H Q. New progress in the technology and application of the Internet of things[J]. Chinese Journal on Internet of Things, 2017, 1(1): 1-6.

- [3] MA J G. Internet-of-things: technology evolution and challenge[J]. Microwave Symposium, 2014: 1-4.

[作者简介]



马建国 (1961-), 男, 博士, 广东工业大学教授, 主要研究方向为无线大数据技术及应用、太赫兹微电子系统与成像以及智能硬件与工业物联网。



金恒越 (1995-), 男, 广东工业大学硕士生, 主要研究方向为智能硬件与工业物联网。