DOI: 10.3724/SP.J.1224.2012.00313

工程科学与技术

智慧城市的概念、支撑技术及应用

李德仁[1,2]，姚 远[1]，邵振峰[2]

（1. 武汉大学遥感信息工程学院，武汉 430079；
2. 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室，武汉 430079）

摘 要: 首先介绍了从数字城市到智慧城市的发展趋势，阐述了智慧城市的概念及其相关支撑技术，探讨了智慧城市的内涵：在数字城市建立的基础框架上，通过物联网将现实世界与数字世界进行有效融合，由云计算中心处理其中海量和复杂的计算，为城市管理和公众服务提供更智能化的服务。总结了智慧城市的特征，归纳了智慧城市在当前城市建设中可开展的应用，并指出智慧城市的建设可以为城市提供更智能化的服务和更安全的技术保障，同时，剖析了智慧城市中存在的信息组织无序、安全、共享及产权等问题，并从标准、法律、技术和应用等方面提出了有效的对策，为智慧城市的建设提供可靠和有效的探索，最后展望了更加安全、高效的智慧城市美好前景。

关键词: 智慧城市；数字城市；物联网；云计算；智能服务

中图分类号: TP79 **文献标识码**: A **文章编号**: 1674-4969(2012)04-0313-11

1 智慧城市概念

1.1 智慧城市概念的提出

2009 年 IBM 公司（International Business Machines Corporation）首席执行官彭明盛提出“智慧地球”这一概念，建议新政府投资新一代的智慧型基础设施[1]。2009 年 11 月，温家宝总理发表了题为《让科技引领中国可持续发展》的讲话，提出要着力突破传感网和物联网的关键技术，及早部署后 IP（Internet Protocol）时代的相关技术研发，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。目前，中国已将物联网技术列入国家中长期科技发展规划[2]。

这些理念和规划共同关注的是如何高效地把各类传感器连接起来，形成物联网，并通过超级计算机和云计算对物联网获取的信息进行实时分析并控制，实现数字城市与现实世界的有机融合。在此基础上，可以在实时海量信息的辅助下，采取更加精细和高效的方式管理人类的生产和生活，从而达到智慧状态。智慧城市是在城市全面数字化基础之上建立的可视、可量测、可感知、可分析、可控制的智能化城市管理与运营机制，包括城市的网络、传感器、计算资源等基础设施，以及在此基础上通过对实时信息和数据的分析而建立的城市信息管理与综合决策支撑等平台。在智慧的城市中，我们将充分享受到智慧的电网、

收稿日期: 2012–05–14; 修回日期: 2012–09–04

基金项目: 国家“973 计划”资助项目(2010CB731801); 国家“863 计划”资助项目(2009AA121404); 国家自然科学基金资助项目(N0.61172174); 中央高校基本科研业务费专项资金资助

作者简介: 李德仁(1939–), 男, 博士, 中国科学院院士、中国工程院院士、欧亚科学院院士, 教授, 博士生导师, 主要从事以遥感、全球定位系统和地理信息系统为代表的空间信息科学与技术的科研和教学工作。E-mail: drli@whu.edu.cn
姚远(1984–), 男, 博士研究生, 研究方向为动态三维建模及其在数字(智慧)城市中的应用。E-mail: whyaoyuan@163.com
邵振峰(1976–), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事遥感和地理信息系统在智慧城市中的相关应用研究和教学工作。E-mail: shaozhenfeng@163.com

智慧的交通、智慧的医疗、智慧的教育、智慧的城管和智慧的应急等应用系统通过公共服务平台为每个人提供的定制化、个性化的服务，城市市民的生活将更加舒适和安全。

1.2　从数字城市到智慧城市

作者认为，智慧城市是数字城市与物联网和云计算等技术有机融合的产物。基于数字城市的基础框架，各类物联网传感器将人及其相关的固定或移动物品连接起来，并将海量数据的存储、计算和交互服务交由云计算平台在“云端”处理，按照处理结果对城市实施实时自动化控制，就可以实现智慧的城市服务。

数字城市将分布在不同领域和不同地理位置的经济、文化、交通、能源和教育资源等按规范的地理坐标组织起来，为智慧城市提供了一个数字化的基础框架。在数字化的基础框架上，通过物联网中的射频识别（Radio Frequency Identification，RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息采集技术或传感设备，按约定的协议将物体与互联网连接起来，以实现对分布在城市中的各管理对象的智能化识别、定位、跟踪、监控等服务。然而，海量的物联信息的管理需求无法依靠现有终端的计算资源来满足，迫切需要计算资源可伸缩并能动态调节的云计算模式来解决数据海量、随时更新并且实时性要求非常高的计算问题，例如整个城市的路网数据的实时计算与预测。基于数字城市的基础框架有机地融合物联网及云计算技术，可将数字城市阶段的“秀才不出门，能知天下事”提升到智慧城市阶段的“秀才不出门，能做天下事”的新高度。

全 IP 网络架构的物联网集智能传感网、智能控制网、智能安全网的特性于一体，真正做到识别、定位、跟踪、监控和管理的智能化。通过物联网人们可以对任何感兴趣的物体进行感知和操作。物联网由统一的编码系统、智能传感网以及网络系统等组成。统一的编码系统通过物体类型等信息对物体进行唯一编码并分配地址。智能传感网是物联网的数据采集和物体监控系统，它利用各种仪器设备实现对静止或移动物体的自动识别，并进行数据采集与交换。网络系统由本地各种网络和全球互联网组成，实现信息流通和管理功能。网络系统是在全球互联网的基础上，通过包括对象名解析服务和实体标记语言等软件系统实现城市中的实物互联。

数字城市中的各类传感器将采集实时海量数据，而这些海量数据不能直接供机器和人使用，必须通过各种算法和模型进行分析和处理，加工为可用的信息和知识，才能最终产生价值。海量的数据需要实时更新，传统的计算方式不能满足需要，而高度弹性、可伸缩、虚拟化的云计算为复杂的各类城市模型的实时分析和处理提供了可能。按照需要的计算能力和时间要求，“云端”可以弹性地为其提供与之相匹配的计算资源和存储资源，相当于一个计算能力几乎是可以无限扩大的大脑，按时按要求将海量数据转化为信息和知识，提供给需要的机器和用户。

2　智慧城市的支撑技术

智慧城市主要由数字城市和物联网、云计算三大类支撑技术组成。以下就这三大类支撑技术分别进行介绍。

2.1　数字城市相关技术

“数字城市”的概念最早源于美国前副总统阿尔·戈尔在 1998 年提出“数字地球”时提到的数字化的虚拟地球场景[3]。通过技术融合，可使其较好地融入互联网，为人类提供服务。其中数字城市作为数字地球中最为重要的组成部分之一，成为研究和数字化应用的热点[4]。

具体来说，数字城市是一个覆盖整个城市的无缝的信息模型，把分散在城市各处的各类信息按城市的地理坐标组织起来，这样既能体现出城市中的自然、人文、社会等各类信息的相互关系，

又能按便于人类理解的地理坐标进行检索和利用。数字城市可以理解为我们生活的城市在数字世界中的一个副本，它包括全部城市相关资料的数字化、地理化和可视化。数字城市按表现形式可以分为以文本形式提供的信息点、二维数字城市平面（包括城市二维地图和遥感影像图等）、三维数字城市空间、四维时空数字城市空间[5]。

数字城市相关技术涵盖城市空间信息的获取、管理、使用等方面，数字城市建设的具体需求也推动着相关技术逐步发展和成熟。在未来，政府、研究机构、标准制定组织、非盈利组织、企业等将共同推动数字城市技术进一步发展和完善[6]。数字城市从数据获取、组织到提供服务的技术如下：

1）天空地一体化的空间信息快速获取技术。2006 年《自然》杂志（*Nature*）发表的封面论文 *2020 Vision* 认为，观测网将首次大规模地实现实时获取现实世界的数据[7]。现在，天空地一体化的空间信息观测和测量系统已经初具雏形，空间信息获取方式也从传统人工测量发展到太空星载遥感平台、全球定位导航系统，再到机载遥感平台[8]、地面的车载移动测量平台等。空间信息获取和更新的速度越来越快，定位技术将由室外拓展到室内和地下空间，多分辨率和多时态的观测与测量数据与日俱增。数字城市具有监测各种分辨率的空间信息的能力，如土地类型、建筑、道路、市政设施等城市信息[9]。

2）海量空间数据调度与管理技术。面对数据容量不断增长、数据种类不断增加的海量空间数据，PB（Peta Byte）级及更大的数据量更加依赖于相关数据调度与管理技术，包括高效的索引、数据库、分布式存储等技术。

3）空间信息可视化技术。从传统二维地图到三维数字城市，数字城市的空间表现形式由传统的抽象的二维地图发展为与现实世界几近相同的三维空间中，使得人类在描述和分析城市空间事务的信息上获得了质的飞跃。包含真实纹理的三维地形和城市模型可用于城市规划、景观分析、构成虚拟地理环境和数字文化遗产等[10]。

4）空间信息分析与挖掘技术。数字城市中基于影像的三维实景影像模型，可构成大面积无缝的立体正射影像和沿街道的实景影像，用于用户自主的实时按需量测，以挖掘有效信息[7]。

5）网络服务技术。通过网络整合并提供服务，数字城市作为一个空间信息基础框架，可以整合集成来自网络环境下与地球空间信息相关的各种社会经济信息，然后通过 Web Service 技术向专业部门和社会公众提供服务。

图 1 为集成数字正射影像、数字高程模型、可量测实景影像和电子地图的数字城市框架，具有可量测、可挖掘的功能[11]。

图 **1**　集成数字正射影像、数字高程模型、可量测实景影像和电子地图的数字城市框架示例

2.2　物联网技术

“物联网”的概念于 1999 年提出，最初的定义为“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，实现智能化识别和管理”。2005 年 11 月 17 日，在突尼斯举行的“信息社会世界峰会”上，国际电信联盟（International Telecommunication Union，ITU）发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》，正式提出了“物联网”的概念[12]。物联网的定义是：通过射频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接

起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。具体地说，就是把感应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，并且被普遍连接，形成物联网。中国早在 1999 年就提出了相关概念，并由中国科学院启动了相关的研究和开发，当时称为“传感网”。在国家大力推动工业化与信息化融合的大背景下，物联网是工业化和信息化过程中一个比较现实的突破口。物联网能够实现人与人、人与机器、机器与机器的互联互通，充分发挥人与机器各自的优点[13]。

世界无线研究论坛（Wireless World Research Forum，WWRF）在 2006 年 6 月曾预测，到 2017 年将有 7 万亿传感器为地球上的 70 亿人口提供服务[14]。随身携带各种传感器的人都可以被看做是物联网的数据采集者，每个人都可以成为传感网中一个移动的、实时获取多样数据的重要节点[15]。物联网的问世，打破了之前的传统物理设施与 IT 设施分离的状况。过去的建设和管理模式一直是将物理设施和 IT 设施分开建设与管理：一方面是机场、公路、铁路、公共建筑等，而另一方面是数据中心、个人电脑、宽带网络等。物联网将与水、电、气、路一样，成为地球上的一类新的基础设施。图 2 为作者设计的基于物联网的智慧城市的一般架构。

按照采集、控制和安全防护的功能区分，物联网可以分为智慧传感网、智慧控制网和智慧安全网。智慧传感网负责搜集各类传感器采集到的数据和信息，并发送到数据中心。智慧控制网根据实时信息处理和分析后的结果，按照预案或规则对各类物联设施进行远程控制，例如，根据实际交通流量进行红绿灯时长的远程控制。智慧安全网负责整个物联网中传感信息和控制信息的安全连接，保证智慧传感网和智慧控制网处于对内按权限开放、对外完全封闭，以防止非法接入和控制，例如，武汉的“智慧之眼”系统就是在数字城市基础框架上集成视频采集传感网的智能应用，授权用户可以随时在感兴趣和触发报警的地理位置上调用历史或实时的静态或动态影像数据。

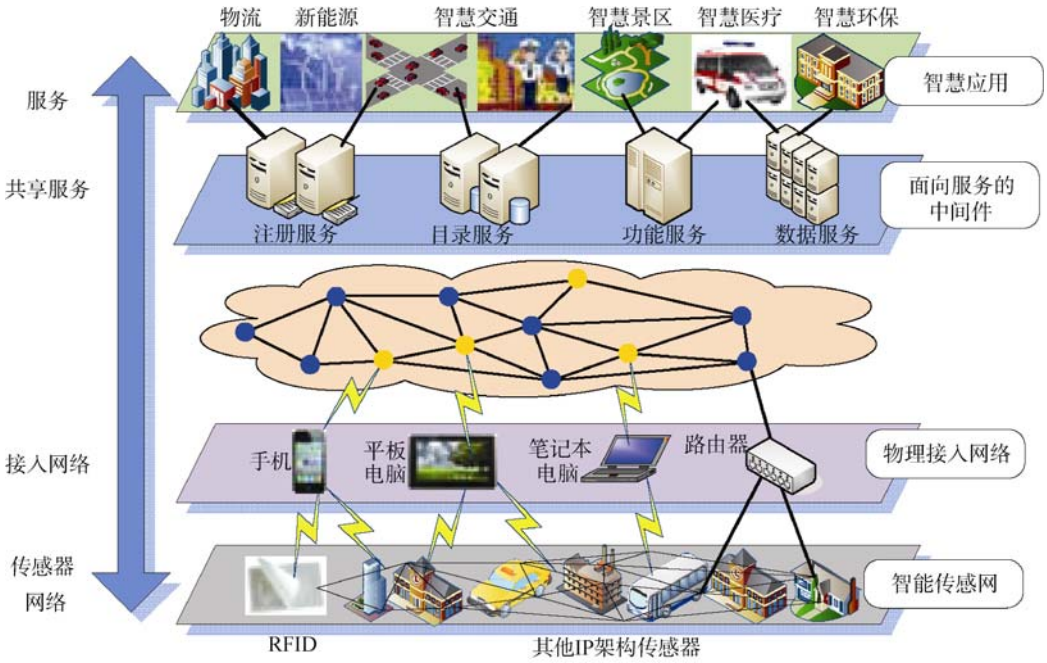

图 2　基于物联网的智慧城市的一般架构

2.3　云计算技术

云计算是一种基于互联网模式的计算，是分布式计算和网格计算的进一步延伸和发展，是随着互联网资源配置的变迁逐渐形成的。计算机交互服务一度未能脱离硬件的桎梏，直到出现了基于虚拟化的云计算，软件和交互服务才完全与硬件无关，同时也无需关心硬件的维护[16]。

支撑信息服务社会化、集约化和专业化的云计算中心通过软件的重用和柔性重组，进行服务流程的优化与重构，提高利用率。云计算促进了软件之间的资源聚合、信息共享和协同工作，形成面向服务的计算。云计算能够将全球的海量数据快速处理，并同时向上千万的用户提供服务[17]。

云计算关键技术使得用户无需关心操作系统、数据库及平台软件环境、底层硬件环境、计算中心的地理位置、软件提供方和服务渠道。如同使用电力一样方便，云计算可以让用户更加自然和快捷地使用个性化的交互服务。

云计算根据其提供的虚拟化服务的层次不同，可以分为以下三个层次的服务：1）基础设施作为服务（Infrastructure as a Service，IaaS）；2）平台作为服务（Platform as a Service，PaaS）；3）软件作为服务（Software as a Service，SaaS）。以空间信息处理领域为例，云计算平台将极大地释放计算资源的潜力，充分共享各种复杂分析和处理算法以及相关经验，极大地提高解决复杂空间信息分析和处理的能力。武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室自主研发的基于云计算的空间信息处理平台——OpenRS2Cloud 就是其中一个典型的代表。

OpenRS2Cloud 采用可伸缩、开放式的平台体系结构设计，在网络环境下，能够对数据资源、计算资源进行动态监控与任务分配[18]。OpenRS2-Cloud 形成了一个具有可扩展、可伸缩、可配置、可定制的基本的遥感图像数据处理与应用的框架，实现了常用的图像浏览、处理和分析功能，并集成了传感器成像模型、地理坐标管理功能等。国内外算法研究人员和数据商将算法和数据上传到平台，即可提供相应服务，用户无需搭建专用环境，只需要选择数据和算法即可获取最终结果。相关的说明以及源代码可以通过以下网址获取：http://www.openrs.org/wiki/。图 3 显示了在该平台上基于 KMean 算法的遥感影像分类。

图 3　基于云计算的 **OpenRS2Cloud** 平台

3　智慧城市的特征

将数字城市与物联网以及云计算技术结合起来所形成的智慧城市将具备以下特征：

1）智慧城市建立在数字城市的基础框架上。数字城市将城市中各类信息按照地理分布的方式统一建立索引和模型，为数字化的传感和控制提供了基础框架。智慧城市需要依托数字城市建立起来的地理坐标和城市中的各种信息（自然、人文、社会等）之间的内在有机联系和相互关系，增加传感、控制以及分析处理的功能。

2）智慧城市包含物联网和云计算。在有了基础框架后，智慧城市还需要进行实时的信息采集、处理分析与控制，如同人除了躯干外，还需要触觉、视觉等用于采集信息，需要大脑处理复杂的信息，需要四肢来执行大脑的控制命令。物联网和云计算就是实现这些功能的关键。物联网和云计算的核心和基础是互联网，其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，使他们相互进行信

息交换和通信，弹性地处理和分析。智慧城市中的物联网和云计算应该包括以下四个方面：

（1）智能传感网。利用 RFID 和二维码等物联设施随时随地获取物体的信息和状态；

（2）智能安全网。通过在互联网、广播网、通信网、数字集群网等各类型网络中建立各类安全措施，将物体的信息和状态实时、安全地进行传递；

（3）云计算智能处理。在云端采用各种算法和模型，实时对海量的数据和信息进行分析和处理，为实时控制和决策提供依据；

（4）智能控制网。采集的信息经过云端智能处理后，根据实际情况实时地对物体实施自动化、智能化的控制，更好地为城市提供相关服务。

3）智慧城市面向应用和服务。智慧城市中的物联网包含传感器和数据网络，与以往的计算机网络相比，它更多的是以传感器及其数据为中心。与传统网络建立的基础网络适用于广泛的应用程序不同，由微型传感器节点构成的传感器网络则一般是为了某个特定的应用而设计的。它面向应用的，通过无线或有线网络节点，相互协作地实时监测和采集分布区域内的各种环境或对象信息，并将数据交由云计算进行实时分析和处理，从而获得详尽而准确的数据和决策信息，并将其实时推送给需要这些信息的用户。

4）智慧城市与物理城市融为一体。在智慧城市中，各节点内置有不同形式的传感器和控制器，可用以测量包括温度、湿度、噪声、位置、距离、光强度、压力、土壤成分、移动物体的大小和速度及方向等城市中的环境和对象数据，还可通过控制器对节点进行远程控制。随着传感器和控制器种类和数量的不断增加，智慧城市将城市与电子世界的纽带直接融入到现实城市的基础设施中，自动控制相应城市基础设施，自动监控城市空气质量、交通状况等，与现实城市融为一体。

5）智慧城市能实现自主组网和自维护。智慧城市中的物联网需要具有自组织和自动重新配置的能力。单个节点或者局部节点由于环境改变等原因出现故障时，网络拓扑应能根据有效节点的变化而自适应地重组，同时自动提示失效节点的位置及相关信息。因此，网络还应具备维护动态路由的功能，保证不会因为某些节点出现故障而导致整个网络瘫痪。

4 当前智慧城市可开展的应用

智慧城市的目标是让城市的运转更加精细化、高效化和智能化，这就涉及个人、企业、组织、政府间的互动，还有现实世界与数字世界之间的互动，而他们之间的任何互动都将是提高效率和生产力的机会。城市智能化的不断发展，也为城市提供了崭新的发展契机，下面按领域列举一些典型应用。

4.1 为城市经济可持续运行服务

智慧城市的建设，长期来看，能够为经济带来可持续发展和长期繁荣的良好效益；短期来看，则能够刺激数字城市、物联网和云计算产业的发展。建设智慧城市，首先，需要大量投资智慧电网、智慧楼宇、智慧交通等基础设施，这能够刺激多行业的经济增长，并创造大量的就业岗位；其次，将为所有城市居民提供更多种类和更加便捷的服务，就像城市运行的“润滑剂”和“催化剂”，将极大地提高社会效率，让每个人都能拥有更多的有效时间，创造更大的价值和财富；最后，其基础设施将为未来的创新和产业升级转型提供巨大的可能。

4.2 为城市居民服务

4.2.1 智能网格化城市管理与服务

智慧城市可以有效地实现城市网格化管理和服务。例如，武汉市有 200 多万个部件设施、970 多万人、每年超过 60 万次与城市管理相关的事件，我们可以通过数据采集、智能分析，将这些部件设施、人口、事件在智慧城市的框架中进行有效的智能管理和服务。图 4 为面向城管员的“城管通”

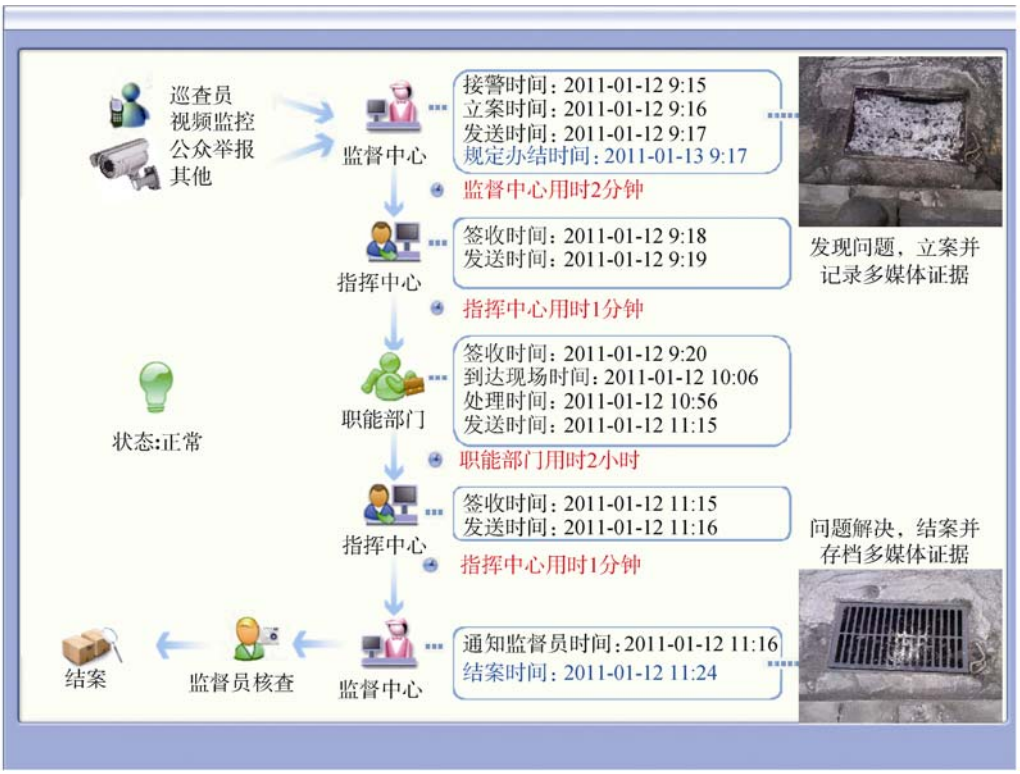

图 4　城市网格化智能透明管理流程示例

智能手机实现对事件和基础设施的透明化管理的流程。

4.2.2　智能交通

现有的城市交通管理基本是自发进行的，每个驾驶者根据自己的判断选择行车路线，交通信号标志仅仅起到静态的、有限的指导作用。这导致城市道路资源未能得到最高效率的运用，进而产生不必要的交通拥堵甚至瘫痪。而智慧交通依靠城市交通基础设施中的传感器，可以将整个城市的车流量、道路状况、天气、温度、交通事故等信息实时收集起来，从而保障人与车、路、环境之间的信息交互，并通过云计算中心动态地计算出最优的交通指挥方案和车行路线，进而提高交通系统的效率、机动性、安全性、可达性、经济性（图 5）。智能交通能够有效提高交通运输效益，使交通事故发生率降低 30 %左右，缩短行车时间，降低能源消耗 20 %左右，减少污染物排放量 10 %~15 %[19]。

4.2.3　智能个人应用

在建立了智慧城市的基础设施后，无论在室内还是在户外、使用笔记本还是智能手持设备，都能通过物联网获取用户想要的各种服务，无论在办公室还是在另一个城市的酒店，或者在机场候机时，都能够随时与团队协同办公，与家人分享旅途中的信息等，让每个城市居民都能随时随地享受到智慧城市的便捷服务（图 6）。

4.3　城市安全服务

智慧城市将大大改善城市安全的状况，对事件的处置方式将从事发后被动接警处置转变为事发时甚至事发前的及时自动报警或预警。

智慧城市的安全服务将以城市公共安全资源为载体，依托空间信息、业务信息共享平台与传感器网络，构建城市日常管理、应急指挥、预防

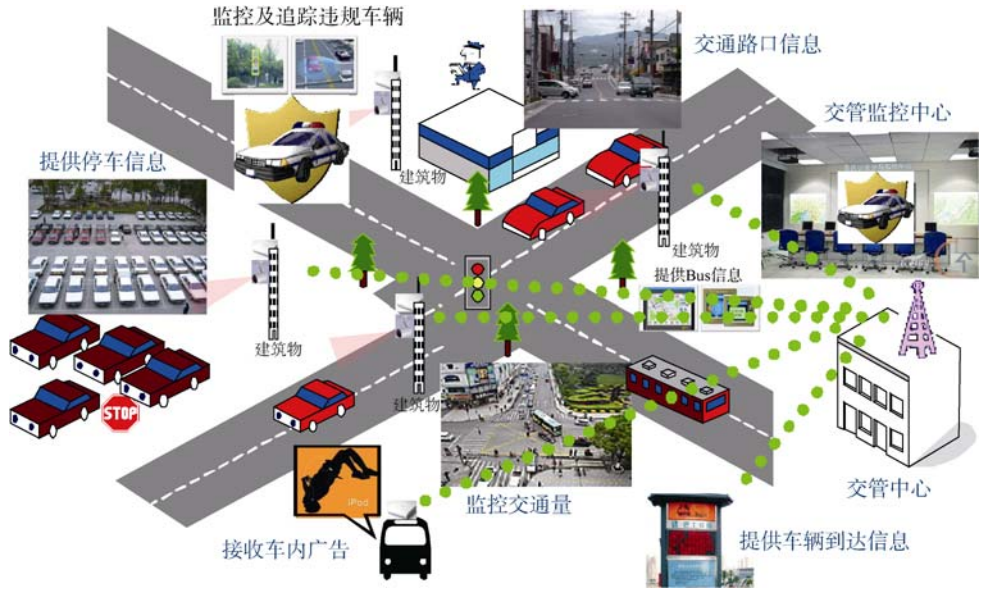

图 5　智能交通示意图

图 6　智能个人应用示意图

预警三位一体的安全防护体系，实现智能化日常安全管理、传感器自动报警预警、快速反应及智能辅助决策等。例如，智能视频分析系统可以基于视频内容分析功能，在不同视频采集传感器中预设不同的报警规则，一旦目标在场景中出现了违反预定义规则的行为，系统就会自动报警，相关人员可以通过报警信息采取相关措施。通过物联网自动、快速获取报警、急救、求助和投诉人的位置，并显示事件地点附近的公安、交警、消防、急救部门等警力和救助资源的分布，智慧城市会根据事件类型自动提供相应的事件背景信息和最优的解决方案，由指挥员利用这些信息快速地跨部门、跨警区、跨警种下达命令，实时地进行全方位的远程指挥和调度，最大限度地减少突发事件或自然灾害等造成的危害和损失。

4.4　环境监测服务

为有效监测城市综合环境，目前作者已经研发了基于多传感器的城市综合移动环境监测系统，作为已有固定环境监测系统（如水文水质监测系统、大气自动监测系统）的补充，在移动环境下实现环境监测数据的采集与传输，建成一套有线、无线监测数据相结合的采集传输系统，实现污染源和环境质量在线自动监测监控和实时数据的无线传输以及视频图像的远程控制等。移动环境监测系统将实现环境信息的实时采集、集成、分析、会商、处理的自动化、智能化、可视化。图 7 为该系统集成到车载平台后的效果图。该系统的特点包括：

1）通过车载环境传感器采集环境参数：采集 PM2.5（Particulate Matter 2.5）等大气污染物浓度、水体污染物浓度、噪声强度等环境参数。

2）通过环境数据处理软件，既可以将采集到的环境参数直接以图表的形式输出，又可以以之

为基础进行分析和推演，由此操作者可以精确、直观、全面地掌握周边地区的环境状况。

3）通过 CCD（Charge Coupled Device）照相机采集可量测实景影像，通过可量测实景影像可以对地物进行非接触式快速测量，对于地物位置、面积等信息的采集可以有助于环境数据的展示和分析。

4）通过 GPS / DR（Global Position System / Dead Reckon）集成定位采集坐标信息，可以实时、精确地采集环境数据所对应的空间位置，所采集到的空间数据是用于环境数据定位的依据。

5）通过宽带无线网络或卫星通信传输模块，将采集到的数据实时传输。

图 7　基于多传感器的城市综合移动环境监测系统

5　存在的问题与对策

智慧城市在最大限度地提供舒适、快捷和智能的服务的同时，必然会带来一些我们必须正视的新问题和新挑战。

5.1　存在的问题与挑战

1）数据组织的无序和信息爆炸问题。

由于为个人服务的传感器数量不断增加，总体上会形成海量的传感器，而由各类传感器采集的数据并不一定是按照规范来获取的，因此终端用户在采集了新数据后，更新信息时可能面临数据格式不一致、数据语义不一致、数据时空不一致等问题，这就需要解决数据的互操作性和各类信息的一致性同化的问题。

在智慧城市中，应急响应等关注点聚焦的事情发生时，数据的采集和控制信息的上传、下载将达到空前的水平，有限的存储空间与数据的爆炸式增长存在矛盾，有限的带宽传输速率与数据海量传输也存在矛盾。如何区分海量网络数据中的可用数据和垃圾数据并加以自动清除，如何合理地利用计算机网格技术存储海量数据和信息并实现信息的快速共享与分发，从而全面满足不同用户的定制化服务需求，将会成为一个世界性难题。

2）信息的质量问题。

信息，尤其是空间信息需要按照标准来更新，并由专业人员完成。在物联网时代，普通用户也能成为数据的更新者，他们加入到更新团队中有利于数据和信息更新的实时化。但是由于普通用户的加入，更新的信息质量参差不齐。为保证更新信息的质量，需要有相应的数据和信息的检查标准和机制，提供给智能化的在线自动数据检查和更新服务。

3）信息的安全问题。

在智慧城市应用中，可以通过物联网访问海量数据并进行信息挖掘，如高精度的位置信息、特殊行业的语义信息、重要单位的属性信息和多媒体信息等，这些都需要解决数据内部分发共享和对外服务的安全问题。为此，应在物联网上的关键节点设置安全保密过滤器，并采取不同等级的安全防护措施，保障不同种类的数据和信息的安全。

4）信息共享中的隐私问题。

近年来，网络环境下的个人隐私保护成为一个越来越受关注的问题。智慧城市中共享和发布的数据越来越多。专业人员和大众在发布数据和信息时，空间数据有可能是高精度数据，多媒体数据解析度也将越来越高；同时用户也希望能访问到尽可能高精度的空间数据和尽可能高解析度的多媒体数据。可当这些数据涉及个人的隐私时，存在相关的法律滞后问题。如何在提供数据和信息的同时保护隐私权，是智慧城市中亟待解决的

问题。

5）信息共享的产权问题。

在智慧城市中，对于信息资源的提供和使用、管理以及知识产权保护缺乏行之有效的政策管理措施。信息共享中信息资源的产权归属、产权的具体范围、信息共享中的产权定位等都需要有新的法律法规来界定。

5.2 建议对策

从数字城市发展到智慧城市是科学技术进步的必然结果。我们应当抓住机遇，应对存在的问题与挑战，从标准、法律、技术和应用等方面提出有效的对策，为智慧城市的建设提供不同层次的规范和指导。

5.2.1 标准对策

智慧城市的建设必然会产生新的问题。在数据和信息上，需要首先规范标准，才能更好地服务于整个系统。面对物联网采集的各类数据和各行业用户的迫切需求，我们面临着数据既多又少的矛盾局面。一方面，数据多到难以实时处理；另一方面，用户需要的数据难以及时地从海量数据中检索出来，致使无法快速及时地满足用户需求。智慧城市的建设涉及各行各业，参与的节点数量也将急速增长。为确保众多节点间产品、数据和服务能够互联互通，国家标准制定部门应尽快对智慧城市从设计、规划、建设到应用等相关阶段进行标准立项。标准的制定将有助于规范各类数据和控制信息的采集、传输、分析处理、分发和按需服务。还需要制定各类数据处理的技术规范，规范信息质量技术要求和检验等方案等。在这样的标准体系支撑下，基于数字城市基础框架的智慧城市才能与空间上分散分布的物联网进行有机结合，实现物联对象的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理，直接为各行业的用户提供服务。

5.2.2 法律对策

智慧城市阶段将会带来隐私权、产权和安全信息方面的问题，这需要在法律的层面上制定相应的规章和法令来规范和约束公众的信息发布行为，正本清源，使之自觉地做到不侵权、不侵犯他人隐私。

5.2.3 技术对策

要面向智慧城市的特点，发展数据获取、信息处理、服务注册和智能服务的相关技术，为构建智慧城市提供必要的技术支撑。同时，也要从技术手段上提供处理信息安全、信息质量检查及自动去除涉及个人隐私信息的方法，发展车牌号码或人脸模糊处理技术等。

5.2.4 应用对策

在应用方面，需要针对不同用户需求，建设智慧政府、智慧行业和智慧的公共服务。要争取在不影响数据安全的前提下，不断丰富应用的内容和形式，把内容变得更加完善，把形式变得更加多样化，以满足各行各业对信息的新需求，并广泛应用于智慧城市的智能交通、智能安防、智能城管、智能社区、智能能源等领域，积累在数据组织、处理、质量检查、标准化、应用等方面的经验。

6 总结与展望

随着数字城市向智慧城市的发展不断深入，以物联网和云计算为支撑基础的智慧型的基础设施初露端倪。数字城市与现实城市将不再是相互割裂的对象，而可以有机地进行融合。现实城市通过智慧传感网将数据和信息实时采集，并在数字城市的基础框架中更新和发布，使人类和机器可以方便地交互，并将海量数据与复杂计算问题通过云计算平台实时地分析和处理，最终通过融合在基础框架上的智慧控制网对现实城市进行控制和管理。同时，智慧的安全网为其提供多层次安全的保障。目前，智慧城市仍然存在着数据量大而无序、信息质量参差不齐、信息不安全、隐私权和产权易受侵犯等问题。这需要在标准、法

律、技术和应用等层面上对智慧城市的建设开展更为深入的探索和实践。

参考文献

[1] Palmisano S J. CEOs Deliver Remarks on the Economy and Stimulus Package [EB/OL]. (2009-01-28) [2012-08-08]. http://www.ibm.com/ibm/ideasfromibm/us/news_story/20090130/index.shtml.

[2] 李德仁，龚健雅，邵振峰. 从数字地球到智慧地球[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2010, 35(2): 127–132.

[3] Gore A. The Digital Earth: Understanding Our Planet in the 21st Century [EB/OL]. (1998-01-31) [2012-08-08]. http://portal. opengeospatial.org/files/?artifact_id=6210.

[4] 孙小礼. 数字地球与数字中国[J]. 科学学研究，2000, 18(4): 20–24.

[5] 李德仁，邵振峰. 论新地理信息时代[J]. 中国科学 F 辑: 信息科学, 2009, 39(6): 579–587.

[6] Goodchild M F, Guo H D, Annoni A, et al. Next-generation Digital Earth[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 2012, 109(28): 11088–11094.

[7] Butler D. 2020 Computing: Everything, Everywhere[J]. Nature, 2006, 440(7083): 402–405.

[8] van Zyl T L, Simonis I, McFerren G,. The Sensor Web: Systems of Sensor Systems[J]. International Journal of Digital Earth, 2009, 2(1): 16–30.

[9] 李德仁，沈欣. 论智能化对地观测系统[J]. 测绘科学, 2005, 30(4): 9–11.

[10] Gruen A. Reality-based Generation of Virtual Environments for Digital Earth[J]. International Journal of Digital Earth, 2008, 1(1): 88–106.

[11] Shao Z F, Li D R. Image City Sharing Platform and Its Typical Applications[J]. Science in China (Series F: Information Sciences), 2011, 54(8): 1738–1746.

[12] ITU. ITU Internet Reports 2005: the Internet of Things[R]. Tunis: ITU, 2005: 11.

[13] 李德仁，邵振峰，杨小敏. 从数字城市到智慧城市的理论与实践[J]. 地理空间信息, 2011, 9(6): 1–5.

[14] Uusitalo M A. Global Visions for the Future Wireless World from the WWRF[J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2006, 1(2): 4–8.

[15] Goodchild M F. Citizens as Voluntary Sensors: Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2.0[J]. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 2007, 2: 24–32.

[16] 李德毅. 云计算支撑信息服务社会化、集约化和专业化[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版，2010, 22(6): 698–702.

[17] Barroso L A, Dean J, Hölzle U. Web Search for a Planet: the Google Cluster Architecture[J]. IEEE Micro, 2003, 23(2): 22–28.

[18] 刘异，闵维，江万寿，等. 一种基于云计算模型的遥感处理服务模式研究与实现[J]. 计算机应用研究，2009, 26(9): 3428–3431.

[19] 李林. 数字城市建设指南 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2010: 1052–1068.

The Concept, Supporting Technologies and Applications of Smart City

Li Deren[1,2], Yao Yuan[1], Shao Zhenfeng[2]

(1. *School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan* 430079, *China*;
2. *State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan* 430079, *China*)

Abstract: Firstly, the trend of development from Digital City to Smart City is introduced. The concept of smart city and its key supporting technologies are described as well. Then, we discuss the intrinsic meaning of Smart City: based on the basic framework established by Digital City, efficient integration of the real world and digital world through the Internet of Things and massive and complex calculations by cloud computing center provide more intelligent services for city management and public services. Furthermore, major characteristics of Smart City are summarized and several related applications are put into practice. All of those applications prove that Smart City could provide more intelligent services and securer technical support. Meanwhile, we analyze the disorganized information, security, sharing and property rights issues that still exist in the Smart City. In addition, this paper provides effective countermeasures from aspects of standards, laws, technology and applications, and makes reliable and efficient exploration for the construction of the Smart City. Finally, a prospect of promising future of Smart City is presented.

Key words: Smart City; Digital City; Internet of Things; cloud computing; intelligent service