## 智能城市的物联网

#### 摘要：

物联网（IoT）应能够透明无缝地整合大量不同和异构的终端系统，同时提供对选定数据子集的开放访问，以开发过多的数字服务。因此，为物联网构建通用架构是一项非常复杂的任务，主要是因为这种系统可能涉及的设备种类繁多，链路层技术和服务种类繁多。在本文中，我们特别关注城市物联网系统，尽管这个系统仍然是一个相当广泛的类别，但它们的特点是具体的应用领域。实际上，城市物联网旨在支持智慧城市的愿景，该目标旨在利用最先进的通信技术支持城市管理和公民的增值服务。因此，本文对城市物联网的支持技术，协议和体系结构进行了全面的调查。此外，本文将介绍和讨论帕多瓦智慧城市项目中采用的技术解决方案和最佳实践指南，这是意大利帕多瓦市IoT岛的概念验证部署，与市政府合作开展。

#### 介绍

物联网（IoT）是一种近期的通信模式，展望了不久的将来，日常生活的对象将配备微控制器，用于数字通信的收发器以及合适的协议栈，使他们能够相互通信并与用户一起，成为互联网的一个组成部分[1]。因此，物联网概念的目标是使互联网更加身临其境，普及。此外，通过实现与各种设备（例如家用电器，监控摄像头，监控传感器，执行器，显示器，车辆等）的轻松访问和交互，物联网将促进许多应用的开发利用这些对象产生的潜在巨量和各种数据为公民，公司和公共行政部门提供新服务。这种范例的确应用于许多不同的领域，例如家庭自动化，工业自动化，医疗辅助，移动医疗，老年人辅助，智能能源管理和智能电网，汽车，交通管理等等[2]。

然而，这种异构应用领域使得能够满足所有可能的应用场景要求的解决方案的识别成为一个巨大的挑战。 这种困难已经导致了不同的，有时是不切实际实现物联网系统的不兼容的提议。 因此，从系统角度来看，由于其新颖性和复杂性，物联网网络以及所需的后端网络服务和设备的实现仍缺乏确定的最佳实践。 除了技术上的困难之外，物联网范式的采用也受到了缺乏清晰和广泛接受的商业模式的阻碍，该模式可以吸引投资以促进这些技术的部署[3]。

在这种复杂情况下，物联网范例在城市环境中的应用尤其引人关注，因为它响应了许多国家政府在公共事务管理中采用ICT解决方案的强力推动，从而实现了所谓的智能城市概念[4]。尽管目前还没有正式的，被广泛接受的“智能城市”的定义，但最终目标是更好地利用公共资源，提高公民的服务质量，同时降低公众的运营成本主管部门。这一目标可以通过部署城市IoT来实现，即通过一个通信基础设施，提供统一，简单和经济的多种公共服务，从而释放潜在的协同效应并提高公民的透明度。事实上，城市物联网可以为传统公共服务的管理和优化带来诸多好处，例如交通和停车，照明，公共区域的监控和维护，文化遗产的保护，垃圾收集，医院的财产安全以及另外，由普及的城市物联网收集的不同类型数据的可用性也可以用于提高透明度并促进地方政府对公民的行动，提高人们对其地位的认识激发公民对公共行政管理的积极参与，并且激发对物联网提供的服务的新服务的创造[5]。因此，物联网模式在智慧城市的应用对于可能成为这些技术的早期采用者的地方和地区政府尤其具有吸引力，因此可以作为推动更广泛地采用物联网范式的催化剂。

本文的目的是讨论城市物联网设计的一般参考框架。 我们描述了城市物联网的具体特征，以及可能推动地方政府采用城市物联网的服务。 然后，我们概述基于网络的物联网服务设计方法以及相关协议和技术，并讨论它们是否适合智能城市环境。 最后，我们通过报告我们在“帕多瓦智慧城市”项目中的经验来证实讨论的真实性，该项目是意大利帕多瓦市IoT岛的概念验证部署，并与城市数据网络相互关联。 在这方面，我们描述了实现IoT岛所采用的技术解决方案，并报告了系统在第一个运营日期内收集到的一些测量结果。

本文的其余部分安排如下。 第二部分概述了通常与智慧城市愿景相关的服务，这些服务可以通过部署城市物联网来实现。 第三节概述了城市物联网的系统架构。 更详细地说，本节描述了实现物联网服务的Web服务方法，相关数据格式和通信协议以及链路层技术。 最后，第四节介绍了“帕多瓦智能城市”项目，该项目举例说明了城市物联网的可能实施情况，并举例说明了可以用这种结构收集的数据类型。

智能城市概念和服务

根据派克智能城市研究[2]，智能城市市场预计到2020年将达到数千亿美元，年度支出将达到近16亿美元。这个市场源自智能治理，智能移动，智能公用事业，智能建筑和智能环境等重要行业和服务部门的协同互联。欧洲智慧城市项目（http://www.smart-cities.eu）也对这些部门进行了考虑，以确定可用于评估欧洲城市“智能”水平的评级标准。尽管如此，智能城市市场还没有真正起飞，因为一些政治，技术和金融障碍[6]。

在政治层面上，主要障碍是决策权归属于不同的利益相关者。消除这一障碍的一种可能途径是将整个决策和执行过程制度化，将智慧城市方面的战略规划和管理集中在城市中一个专门的部门[7]。

在技​​术方面，最相关的问题在于目前在城市和城市发展中使用的异构技术的不可互操作性。在这方面，物联网愿景可以成为实现统一的城市规模ICT平台的基石，从而释放智慧城市愿景的潜力[8]，[9]。

最后，关于财务方面，仍然缺乏明确的商业模式，尽管最近已采取了一些填补这一空白的举措[10]。全球经济形势不利的局势进一步恶化，导致公共服务投资普遍缩水。这种情况阻止了潜在巨大的智能城市市场成为现实。摆脱这种僵局的一个可能的方法是首先开发那些将社会效用与非常明确的投资回报相结合的服务，如智能停车场和智能建筑，并因此将作为其他增值服务的催化剂[10]。

在本节的其余部分中，我们概述了城市物联网范例可能带来的一些服务，这些服务对智慧城市具有潜在的兴趣，因为他们可以实现提高质量和改善服务的双赢局面提供给市民，同时在降低运营成本方面为城市管理带来经济优势[6]。为了更好地理解这些服务的使能技术的成熟度，我们在表I中报告了服务的概要视图，包括要部署的网络的建议类型，服务产生的预期流量，最大容忍延迟，设备供电，以及使用当前可用技术估算每项服务的可行性。从表中可以清楚地看出，总体来说，大多数此类服务的实际实现不受技术问题的阻碍，而是缺乏广泛接受的通信和服务架构，可以从单一特定功能中抽象出来技术并提供协调的服务。

建筑物的结构健康：对城市的历史建筑物进行适当维护需要持续监测每座建筑物的实际情况，并确定最受外部因素影响的区域。城市物联网可提供建筑物结构完整性测量的分布式数据库，由建筑物内的适当传感器收集，如监测建筑物应力的振动和变形传感器，周围区域的大气传感器传感器以监测污染水平以及温度和湿度传感器具有环境条件的完整表征[11]。这个数据库应该减少对操作人员进行昂贵的定期结构测试的需要，并且将允许有针对性和主动的维护和恢复行动。最后，可以将振动和地震数据结合起来，以便更好地研究和理解轻地震对城市建筑物的影响。这个数据库可以公开访问，以使公民了解保护城市历史遗产所采取的谨慎措施。然而，这项服务的实际实现需要在建筑物和周边地区安装传感器，并将其与控制系统相互连接，这可能需要进行初始投资才能创建所需的基础设施。

废物管理：废物管理是许多现代城市的首要问题，由于服务成本和垃圾填埋场垃圾存储问题。然而，ICT解决方案在这一领域的深入渗透可能会带来显着的节约和经济和生态优势。例如，使用智能废物容器检测负载水平并优化收集车路线，可以降低废物收集成本并提高回收质量[12] .3为了实现这样的智能废物管理服务，物联网应将终端设备（即智能废物容器）连接到控制中心，在该中心，优化软件处理数据并确定收集车队的最佳管理。

空气质量：欧盟正式通过了20-20-20可再生能源指令，为下一个十年的气候变化减排目标制定目标.4目标要求到2020年温室气体排放量比1990年减少20％，20％到2020年通过提高能源效率降低能源消耗，到2020年可再生能源使用量增加20％。在这样的程度上，城市物联网可以提供手段来监控拥挤地区，公园内的空气质量健身步道[13]。此外，还可以提供通讯设施，让运行在慢跑者设备上的健康应用程序连接到基础设施。通过这种方式，人们总能找到最适合户外活动的最健康的路径，并且可以不断与他们喜欢的个人培训应用程序相连接。要实现这样的服务，需要在整个城市部署空气质量和污染传感器，并将传感器数据公布给公民。

噪音监测：噪音可以看作是一种声音污染形式，就像碳氧化物（CO）对空气一样。从这个意义上说，市政当局已经颁布了具体的法律，以减少特定时间在市中心的噪音量。城市物联网可以提供噪声监测服务，以测量在服务地点的任何给定小时产生的噪音量[14]。除了建立该地区噪声污染的时空地图之外，这种服务还可以用于通过可以识别例如玻璃撞击声或斗殴声的声音检测算法来加强公共安全。这项服务可以改善城市夜晚的宁静和公共场所所有者的信心，尽管安装声音探测器或环境麦克风颇具争议，因为这类监测显然存在隐私问题。

交通拥堵：在空气质量和噪声监测的同一线上，城市物联网可实现的一项可能的智能城市服务包括监测城市的交通拥堵情况。尽管基于摄像头的流量监测系统已经可用并已在许多城市部署，但低功耗广泛的通信可以提供更密集的信息来源。交通监控可以通过使用安装在现代车辆上的传感能力和GPS [15]来实现，并且还可以沿着给定的道路采用空气质量和声学传感器的组合。这些信息对于城市当局和公民来说非常重要：前者管理交通并根据需要派遣官员，后者提前计划前往办公室的路线或更好地安排到市中心的购物行程。

城市能源消耗：与空气质量监测服务一起，城市物联网可以提供服务来监测整个城市的能源消耗，从而使得当局和公民能够清楚和详细地了解不同的能源需求量服务（公共照明，交通，交通信号灯，控制摄像机，公共建筑的加热/冷却等）。反过来，这将有可能确定主要能源消耗来源并确定优先次序以优化其行为。这符合欧洲指令在未来几年提高能源效率的方向。为了获得这种服务，电力监控设备必须与城市电网相结合。此外，还可以用主动功能来增强这些服务，以控制当地的电力生产结构（例如，光伏电池板）。

智能停车：智能停车服务基于道路传感器和智能显示屏，可以指导驾车者沿着城市停车的最佳路径[16]。从这项服务中获得的好处是多方面的：更快地找到停车位意味着更少的车辆排放CO，减少交通堵塞和更快乐的公民。智能停车服务可以直接集成到城市物联网基础设施中，因为欧洲的许多公司正在为此应用提供市场产品。此外，通过使用诸如射频标识符（RFID）或近场通信（NFC）之类的短距离通信技术，可以在为居民或残疾人预留的时隙中实现停车许可证的电子验证系统，从而提供更好的为可以合法使用这些插槽的公民提供服务，并有效地利用这些工具快速发现违规行为。

智能照明：为了支持20-20-20指令，街道照明效率的优化是一个重要特征。特别是，该服务可以根据一天中的时间，天气状况和人员的存在来优化路灯强度。为了正常工作，这种服务需要将路灯纳入智能城市基础设施。也有可能利用增加的连接点数量为公民提供WiFi连接。另外，在路灯控制器的顶部将容易实现故障检测系统。

公共建筑的自动化和友好：物联网技术的另一个重要应用是通过控制灯光的不同类型的传感器和执行器来监控公共建筑物（学校，行政办公室和博物馆）的能源消耗和环境的可靠程度，温度和湿度。通过控制这些参数的确可以提高生活在这些环境中的人们的舒适度，这也可能在生产力方面产生积极的回报，同时降低加热/冷却成本[17]。

城市物联网架构

从第二部分描述的服务分析中可以清楚地看出，大多数智能城市服务都是基于集中式架构，其中部署在城市地区的密集且异构的外围设备产生不同类型的数据，然后通过将适当的通信技术引入控制中心，在该中心执行数据存储和处理。

因此，城市物联网基础设施的主要特点是能够将不同的技术与现有的通信基础设施集成在一起，以支持物联网的逐步演进，并与其他设备相互连接，实现新功能和服务。另一个基本方面是有必要使当局和公民容易获取的城市物联网收集的数据（部分），增加当局对城市问题的响应能力，并促进公民对公共事务的认识和参与[ 9]。

在本节的其余部分中，我们描述了城市物联网系统的不同组成部分，如图1所示。我们开始描述设计物联网服务的Web服务方法，这需要在不同的环境中部署合适的协议层网络中的元素，如图1所示的协议栈中所示，除了架构的关键元素之外。然后，我们简要介绍可用于互连物联网不同部分的链路层技术。最后，我们描述了可以实现城市物联网的异构设备。

A.物联网服务体系结构的Web服务方法

尽管在IoT领域，许多不同的标准仍然在努力成为参考标准，也是最常采用的标准，在本节中，我们将重点放在IETF标准上，因为它们是开放且免版税的，基于Internet最佳实践，可以依靠一个广泛的社区。

图1.基于Web服务方法的城市物联网网络的概念表示。

IETF的IoT标准采用了物联网服务的Web服务体系结构，这在文献中被广泛记载为非常有前途和灵活的方法。实际上，Web服务允许通过采用基于Web的典型状态传输（ReST）范式[18]来实现可以扩展到IoT节点的灵活且可互操作的系统。根据ReST范例设计的IoT服务与传统Web服务具有非常强的相似性，从而极大地促进了终端用户和服务开发人员对IoT的采用和使用，这将能够轻松地重用从传统Web获得的大部分知识为包含智能对象的网络开发服务的技术。 IETF，ETSI和W3C等国际标准化机构以及欧洲物联网研究项目（如SENSEI，5 IoT-A，6和SmartSantander.1）也推动了Web服务方法。

图2显示了城市物联网系统的参考协议架构，该协议架构既包含无约束协议栈又包含约束协议栈。第一种协议由目前互联网通信事实上的标准协议组成，通常由常规互联网主机使用，如XML，HTTP和IPv4。这些协议通过它们的低复杂度对应物（即有效XML交换（EXI），约束应用协议（CoAP）和6LoWPAN）在受约束协议栈中进行镜像，即使对于非常受限的设备也适用。图2左右两个协议栈之间的代码转换操作可以采用标准低复杂度的方式进行，保证了IoT节点与Internet的接入和互操作性。值得一提的是，不采用EXI / CoAP / 6LoWPAN协议栈的系统仍然可以无缝地包含在城市物联网系统中，前提是它们能够与协议左侧的所有层接口架构如图2所示。

图2.无约束（左）和约束（右）IoT节点的协议栈。

在图2所示的协议体系结构中，我们可以区分三个不同的功能层，即（i）数据，（ii）应用程序/传输和（iii）网络，这可能需要专用实体在有约束和无约束之间操作代码转换格式和协议。在本节的其余部分中，我们更详细地指定了三个功能层中每一个的需求，以确保系统不同部分之间的互操作性。

1）数据格式

如前所述，城市物联网范例在数据可访问性方面提出了具体要求。在基于Web服务的体系结构中，数据交换通常伴随着通过语义表示语言描述传输内容，其中可扩展标记语言（XML）可能是最常见的。尽管如此，XML消息的大小通常对于物联网典型设备的有限容量而言太大。此外，与二进制格式相比，XML表示的文本性质使CPU受限设备对消息的解析更加复杂。由于这些原因，万维网联盟（W3C）7的工作组已经提出了EXI格式[19]，即使是非常有限的设备也可以使用与XML兼容的开放数据格式本地支持和生成消息。

EXI定义了两种类型的编码，即无模式和模式通知。尽管无模式编码是直接从XML数据生成的，并且可以由任何EXI实体解码，而无需事先了解数据，但模式知情编码假定两个EXI处理器在实际编码和解码之前共享XML模式发生。这种共享模式可以将数字标识符分配给模式中的XML标签，并在编码时构建EXI语法。正如[20]中所讨论的，即使在非常受限制的设备中，通用模式通知的EXI处理器也可以很容易地进行集成，使他们能够解释EXI格式，从而可以构建多用途的IoT节点，甚至可以使用非常有限的设备。然而，使用模式通知方法需要对高层应用程序的开发给予额外的关注，因为开发人员需要为应用程序中涉及的消息定义XML模式，并使用支持此操作模式的EXI处理器。关于EXI和模式通知处理的更多细节可以在[20]中找到。

通过使用通常由高级应用程序创建和维护的数据库，可以将多个XML / EXI数据源集成到IoT系统中。事实上，IoT应用程序通常会构建由应用程序控制的节点的数据库，并且通常会构建由此类节点生成的数据的数据库。该数据库可以将任何物联网设备接收的数据进行集成，以提供应用程序构建的特定服务。在[21]中已经提出了根据本节描述的指导原则构建IoT Web应用程序的通用框架，作者还建议利用现代Web浏览器的异步JavaScript和XML（AJAX）功能，以允许浏览器和最终的IoT节点，展示了协议栈的完整互联网络和所提议的方法的开放数据性质。

2）应用层和传输层

如今穿过互联网的大多数流量都是通过基于TCP的HTTP在应用层进行的。但是，本地HTTP的冗长和复杂性使其不适合在受限物联网设备上直接部署。事实上，对于这样的环境来说，HTTP的人类可读格式已经成为传统网络成功的原因之一，由于存在大量严重相关的因素（因此，冗余）数据。而且，HTTP通常依赖于TCP传输协议，然而，这种协议在受限制的设备上不能很好地扩展，从而在有损环境中导致小数据流性能不佳。

CoAP协议[22]通过提出通过UDP传输的二进制格式克服了这些困难，仅处理严格要求提供可靠服务的重传。此外，CoAP可以很容易地与HTTP进行互操作，因为：（i）它支持HTTP的GET方法（GET，PUT，POST和DELETE），（ii）两个响应代码之间存在一对一的对应关系协议，（iii）CoAP选项可以支持广泛的HTTP使用场景。

尽管常规互联网主机可以本地支持CoAP直接与物联网设备对话，但最常用且易于互操作的解决方案需要部署HTTP-CoAP中介（也称为交叉代理），它可以直接转换两种协议之间的请求/响应，从而实现与本地HTTP设备和应用程序的透明互操作[23]。

3）网络层

IPv4是互联网主机支持的领先寻址技术。但是，在全球范围内分配IP地址的国际组织IANA最近宣布耗尽IPv4地址块。反过来，IoT网络预计将包括数十亿个节点，每个节点应当（原则上）是唯一可寻址的。 IPv6标准提供了一个解决这个问题的办法[24]，该标准提供了一个128位地址字段，因此可以为物联网网络中的任何可能节点分配一个唯一的IPv6地址。

一方面，IPv6的巨大地址空间可以解决物联网中的寻址问题;另一方面，它引入了与约束节点的稀缺能力不兼容的开销。这个问题可以通过采用6LoWPAN [25]，[26]来克服，这是一种建立在低功耗受限网络上的IPv6和UDP报头压缩格式。边界路由器是直接连接到6LoWPAN网络的设备，透明地执行IPv6和6LoWPAN之间的转换，将用于6LoWPAN网络中的节点的任何IPv6分组翻译成具有6LoWPAN报头压缩格式的分组，并且操作反向翻译在相反的方向。

虽然6LoWPAN边界路由器的部署能够实现IoT节点与Internet中任何IPv6主机之间的透明交互，但与纯IPv4主机的交互仍然是一个问题。

更具体地说，问题在于找到一种方法来使用分组中可用的IPv4地址和其他元数据来寻址特定的IPv6主机。接下来，我们介绍实现这一目标的不同方法。

v4 / v6端口地址转换（v4 / v6 PAT）。此方法将任意IPv4地址和TCP / UDP端口对映射到IPv6地址和TCP / UDP端口。它类似于目前在许多局域网中支持的传统网络地址和端口转换（NAPT）服务，通过共享一个公共IPv4地址来提供对专用网络中多台主机的Internet访问，该地址用于通过公共互联网。当数据包返回到IPv4公共地址时，支持NATP服务的边缘路由器将拦截该数据包，并将公用IPv4目标地址替换为预期接收者的（私有）地址，这通过查找NATP将与该分组所携带的特定目的地端口关联的主机的地址表格化。可以使用相同的技术将多个IPv6地址映射到单个IPv4公共地址，从而允许在IPv4网络中转发数据报并在仅支持IPv4的主机上进行正确的管理。这种技术的应用要求复杂度低，实际上，端口映射是v4 / v6转换的一种已建立的技术。另一方面，由于可复用到单个IPv4地址的IPv6主机数量受可用TCP / UDP端口数量（65535）的限制，因此此方法会产生可扩展性问题。此外，这种方法要求连接由IPv6节点发起，以便在NATP查找表中创建正确的条目。从IPv4云开始的连接也可以实现，但这需要更复杂的体系结构，本地DNS放置在IPv6网络中，并静态关联到NATP转换表中的公用IPv4地址。

v4 / v6域名转换。最初在[23]中提出的这种方法类似于在HTTP 1.1中提供虚拟主机服务的技术，它可以通过利用所包含的信息在同一个Web服务器上支持多个网站，共享相同的IPv4地址在HTTP主机头中标识用户请求的特定网站。类似地，有可能以这样的方式对DNS服务器进行编程：在对IoT Web服务的域名的DNS请求时，DNS返回要联系的HTTP-CoAP交叉代理的IPv4地址以访问IoT节点。一旦通过HTTP请求寻址，代理需要将HTTP主机头中包含的域名解析为IPv6 DNS服务器，其使用IPv6地址进行答复，该IPv6地址标识请求中涉及的最终IoT节点。代理然后可以通过CoAP将HTTP消息转发到预期的物联网。

URI映射。统一资源标识符（URI）映射技术也在[23]中描述。该技术涉及特定类型的HTTP-CoAP交叉代理，即反向交叉代理。此代理的行为是作为HTTP / IPv4客户端的最终Web服务器以及作为CoAP / IPv6 Web服务器的原始客户端。由于需要将此机器放置在存在IPv6连接的网络的一部分中，以允许直接访问最终的IoT节点，所以应用的URI映射功能会在内部解析IPv4 / IPv6转换。

B.链路层技术

城市物联网系统由于其固有的大型部署区域，需要一组链路层技术，其可以容易地覆盖广泛的地理区域，并且同时支持可能大量的聚合导致的流量较小数据流的数量。由于这些原因，能够实现城市物联网系统的链路层技术被分为无约束和约束技术。第一组包括所有传统的LAN，MAN和WAN通信技术，如以太网，WiFi，光纤，宽带电力线通信（PLC）以及UMTS和LTE等蜂窝技术。它们通常具有高可靠性，低延迟和高传输速率（Mbit / s或更高级别）的特点，并且由于其固有的复杂性和能耗通常不适用于外围IoT节点。

相反，受限物理层和链路层技术的特点是能耗低，传输速率相对较低，通常小于1 Mbit / s。这个类别中更突出的解决方案是IEEE 802.15.4 [27]，[28]蓝牙和低功耗蓝牙，8个IEEE 802.11低功耗，PLC [29]，NFC和RFID [30]。这些链路通常表现出较长的等待时间，这主要是由于两个因素：1）物理层的传输速率本质上很低，2）节点实施的节能策略以节省能量，这通常涉及活动周期短的工作周期。

C.设备

我们最终描述了实现城市物联网所必需的设备，根据它们在通信流中占据的位置进行分类。

1）后端服务器

在系统的根部，我们发现位于控制中心的后端服务器，数据被收集，存储和处理以产生增值服务。原则上，后端服务器对于物联网系统的正常运行并不是强制性的，尽管它们成为城市物联网的基本组成部分，他们可以通过传统网络基础设施访问智能城市服务和开放数据。通常考虑与IoT数据馈送器接口的后端系统包括以下内容。

数据库管理系统：这些系统负责存储物联网外围节点（如传感器）产生的大量信息。根据具体的使用场景，这些系统上的负载可能非常大，因此需要对后端系统进行适当的尺寸调整。

网站：网络界人士的广泛熟悉使他们成为实现物联网系统与“数据消费者”（例如公共当局，服务运营商，公用事业提供商和普通公民）之间互操作的第一选择。

企业资源规划系统（ERP）：ERP组件支持各种业务功能，并且是管理复杂组织（如城市管理）中信息流的宝贵工具。将ERP组件与数据库管理系统连接起来，收集物联网产生的数据，可以更简便地管理物联网收集的大量数据，从而可以根据信息的性质和相关性分离信息流，并简化创建过程的新服务。

2）网关

走向物联网的“边缘”，我们发现网关，其作用是将终端设备与系统的主要通信基础设施互连。参考图2中描述的概念协议体系结构，因此网关需要提供协议翻译和无约束协议及其受约束对方之间的功能映射，即XML-EXI，HTTP-CoAP，IPv4 / v6- 6LoWPAN的。

请注意，尽管为了实现与物联网外围设备和控制站的互操作性可能需要所有这些翻译，但并不需要将它们全部集中在单个网关中。相反，有可能并且有时很方便的是将翻译任务分配到网络中的不同设备上。例如，可以部署一个HTTP-CoAP代理来支持多个6LoWPAN边界路由器。

网关设备还应提供主要用于物联网网络核心的无约束链路层技术和约束技术之间的互连，而这些技术则提供物联网外围节点之间的连接。

3）物联网外围节点

最后，在物联网系统的外围，我们发现负责生成数据的设备被传送到控制中心，控制中心通常被称为IoT外围节点，或者更简单地说，是IoT节点。一般来说，这些设备的成本非常低，从10美元甚至更低，这取决于安装在电路板上的传感器/执行器的种类和数量。 IoT节点可以根据多种特性进行分类，例如供电模式，网络角色（中继或叶子），传感器/执行器设备以及支持的链路层技术。最受限制的物联网节点可能是无线射频标签（RFtags），尽管它们的能力非常有限，但它们仍然可以在物联网系统中发挥重要作用，主要是因为它们的通信硬件的成本非常低，并且其被动特性不需要任何内部能源。 RFtags的典型应用是通过邻近读数进行对象识别，这可用于物流，维护，监控和其他服务。

诸如智能手机，平板电脑或笔记本电脑等移动设备也可能成为城市物联网的重要组成部分，并提供其他方式与之互动。例如，集成在上一代智能手机中的NFC收发器可用于识别加标签的对象，而大多数常见操作系统为移动设备提供的地理位置服务可丰富与该对象相关的上下文信息。此外，移动设备可以以不同方式提供对IoT的访问，例如1）通过蜂窝数据链路服务提供的IP连接或2）通过使用短距离无线技术与一些对象建立直接连接，例如如蓝牙低功耗，低功耗WiFi或IEEE 802.15.4。此外，可以为移动设备开发特定的应用程序，以减轻与物联网对象以及整个系统的交互。

引自：https://ieeexplore.ieee.org/document/6740844/