Introduction

背景->解决什么问题->用到的方法->总结

目前，物联网技术在企业生产活动以及人们日常生活中得到了越来越广泛的应用，智慧城市、智慧制造、智慧家居等等概念无不与物联网技术息息相关。美国国家情报委员会把物联网定义为六大颠覆性技术之一，并预测2025年之前我们日常生活中的所有物体上都会包含物联节点，包括食品包装、家具、书籍等等[1] 。但是，随着越来越多的物联网设备的应用，大量大规模的传感器网络、嵌入式应用网络被构建，在这过程中，物联网设备平台耦合性高、可扩展性差、互操作性差的问题十分突出，WoT(Web of Things)技术应运而生，成为解决上述问题的最佳选择[2]。

传统的物联网技术主要关注于物与物在网络层（the network layer）的连通性,而WoT技术则关注于将智能设备置于互联网最顶端的应用层（the application layer），将Web服务器嵌入到智能设备之中，以REST风格的Web服务的形式将智能设备的物理资源开放到互联网之中[3]。相比传统的基于SOAP、WSDL、UDDI等标准的重量级Web服务，REST风格的Web服务采用的是更加轻量级的实现形式。在RESTful Web服务中，网络请求与传输采用标准的HTTP（或HTTPS）协议，所有的资源都通过URI（Universal Resource Identifier）进行唯一的封装与标识，这使得跨语言、跨平台、跨设备的信息交互都变得更为高效，这能够有效解决不同设备在数据结构以及传输方式上的差异所带来的问题[4]。同时，RESTful Web服务无状态的特性也极大地降低了资源之间的耦合度，具有很好的灵活性与可扩展性。

随着越来越多智能设备接入WoT环境，在智慧城市、智慧制造、智慧医疗、智慧家居等领域，简单的服务调用已经不足以满足日益复杂的应用需求，我们对能够在WoT环境下应对复杂业务的流程管理以及服务组合技术的需求变得十分迫切。BPEL（Business Process Execution Language）是当下最为主流的流程描述语言之一，其将Web服务的调用、约束、数据、生命周期等要素与业务活动相绑定，结合工作流对业务流程进行控制，从而实现通过服务组合执行复杂业务流程[5]。

但是，BPEL以及其他传统的服务组合技术都需要在流程定义时绑定实际的服务调用，直接将BPEL应用于WoT环境中会使得流程与设备之间具有极高的耦合度。然而，WoT环境下可能会存在大量拥有相同功能的设备，但是这些设备的生产商、型号可能不尽相同，不同生产商、不同型号的设备为同一功能提供的服务接口以及调用该接口的约束条件也存在差异（eg 在中国，目前有近百个充电桩生产厂商，提供了数百种不同型号的充电桩，这些充电桩都提供了类似功能的服务接口，只是调用接口的具体URL、参数不同）。由于不同设备间的接口差异，使得BPEL在不同的设备环境之间进行复用变得非常困难，替换不同型号的设备就需要重新业务流程。

为了解决上述缺陷，让用户可以更便捷的定义并使用服务组合，我们提出了一种适用于WOT环境的服务组合框架。在框架中，我们提出了一个功能描述模型以及一个服务拼装模型。在功能描述模型中，通过使用本体来对业务流程节点进行语义描述，我们可以摆脱流程与服务实例直接绑定的缺点，从语义的层次更为通用的描述流程节点的功能。根据功能描述模型和设备RESTful服务的WADL描述之间的本体匹配计算，一个服务拼装模型可以被生成出来，该模型绑定了一个流程节点下所有进行服务组合的实际服务实例接口。根据服务拼装模型，可以自动生成出服务组合后的通用服务代码，将该代码部署到WOT设备上后，该代码可以在调用设备原有RESTful服务的基础上，提供一个针对该流程节点功能的统一通用的服务接口，做到业务流程与设备实际接口的解耦，允许用户在执行流程功能时可以忽略设备实际的服务接口而只与通用接口进行交互。于是，当流程被复用于其他设备环境中或某些设备被其他型号的设备替换时，并不需要对原本的业务流程以及服务调用进行修改。

文章结构

在实际的互联网应用中，REST服务的所提供的业务往往比资源操作要复杂得多，涉及到的参数也不仅仅局限于基本数据类型，包括JSON、XML、文件等等，但是，正如上文中所提到的，在WOT环境中，设备提供的REST服务大多都是对其本身资源的操作，并不会过于复杂，因此，我们的匹配策略也将focus on资源服务操作的匹配，这样可以降低匹配的复杂性，更加符合WOT环境下对效率的要求。

方法

activity description model

定义模型的目的

模型的内容

实例

模型生成工具

matching algorithm

分析WADL结构

URL与模型中动宾结构的匹配（计算相似度取最大的？）

输入输出参数的匹配

实例

充电记录，预约，取消预约，查看预约，

model resource: reservation operate: create

PUT /order(create) 新建预约

DELETE /order/cancel 取消预约

GET /order(get) 查询预约

GET /charging/history 充电历史

PUT /charging/start 开始充电

general service model

得到与功能匹配的服务后，需要抽取描述模型与实际服务之间的参数的对应关系，构建一个通用服务模型（目的）

参数对应关系的寻找方法

datatype的匹配 data name的匹配

模型的内容

实例

服务代码生成

case study

在中国，智能充电桩共享平台是一个全新的理念，车主可以通过该平台将原本私有的充电桩向其他车主开放共享，其他车主向其支付一定的费用就可以进行充电，这样既能有效提高充电桩的利用率并缓解目前公共充电桩不足的问题，同时也能为充电桩拥有者带来一定收入，是一种双赢的创新模式。

作为一种WOT设备，智能充电桩通过WIFI或GPRS的形式接入到互联网中，提供了若干个RESTful服务作为接口对外提供功能。

共享流程

挑战

我们的系统

新设备加入的过程

系统演示

为了实现物理设备与互联网环境的集成，文献[6]根据Web2.0中“mashups”的理念提出了一种轻量级的基于无线传感网络的轻量级服务组合方法，定义并实现了一个RESTful服务的集合，从而把传感器节点的功能作为web资源对外开放，是所有的节点称为WoT的一部分，通过节点与节点之间的相互交互来打到组合他们的服务的效果。文献[7]将上述工作进一步结合到了一个名为AutoWoT的平台之中，AutoWoT对智能设备提供了通用的Web资源建模方式以及Web组件构建机制，从而促使智能设备可以快速集成至互联网环境中。通过对Web协议的特定实现的抽象，AutoWoT允许原型开发者从需求用例的层次进行Web资源建模与Web组件构建。

为了加强真实的物理设备资源与虚拟资源的融合，文献[8]设计了一个WebPlug框架，在该框架中，用户可以在通过URL访问设备的实际物理资源的同时，使用一种框架内定义的MetaURL来访问该设备一些相关信息，例如通过在设备的URL后面加上“@history”即可查看该资源的历史数据。文献[9]中的SemSense系统构建了数据收集组件、存储组件、语义富集组件以及发布组件，首先从物理传感器中采集数据，随后通过LinkedData对这些数据进行语义标注增强，并最后将其发布到互联网之中。

在对于现有的流程执行描述语言进行语义扩展方面，使用BPEL之类的传统的描述语言的方法则受限于对BPEL的描述进行语义标注，并且由于其采用较为严格的匹配技术而使得概念上相似的服务的匹配度较低[14]。WSDL-S[15]在描述服务概念的扩展上存在的局限，WSDL-S对服务进行语义信息标注时，并不能区分服务类型（概念）和服务实例（个体）。同样的, 对于OWL-S[16]来说，实例过程（实际组合的服务）和概念过程（只涉及服务概念）没有明显的区别。

在业务流程的消息传递方面，使用BPEL进行变量定义时经常需要对消息的类型进行定义，为了将一个服务的输入端与另一个服务的输出端进行连接，变量需要在两个服务之间传递。然而，在一些动态环境中，具有相似功能的服务定义的消息可能是完全不同。比如，消息可能使用不同的名字，消息不同部分出现的顺序也可能不尽相同。不过，在这些情况下，内在的语义可能使其保持匹配。文献[17]使用了一种基于本体的消息描述方法，在结构上，本体消息描述与WSDL中的类似。它们的目标都是为引用具有相同结构的消息提供一个通用的、抽象的分类方法。

在文献[19]中，研究者们提出了一种基于UML的RESTful服务组合建模方法，使用概念资源模型来描绘组合的静态结构，使用活动图来描绘组合的过程流，使用状态机来表现服务的PUT、POST等HTTP方法的行为信息，但是其缺陷在于难以进行实际的服务组合实现。文献[20]提出了一种称为Web服务资源束（Web Service Resource Bundle, WSRB）的方法，该方法考虑了被组合服务间的依赖关系，将它们进行捆绑，客户端进行调用时将会与所有的被组合服务进行绑定，这种组合方式考虑的是对指定服务的组合绑定，并没有从业务流程的角度考虑服务组合。

综合上述研究现状可以发现，目前在WoT的相关研究领域，还很少有研究者对WoT环境下的业务流程进行研究，本文的主要研究内容即关注在WoT环境下的业务流程执行上。上述文献中对业务流程描述以及RESTful服务描述进行语义标注的研究结果都具有一定的研究价值，但是还无法直接应用到WoT环境中，因此，本文对业务流程的相关研究将会更注重于结合WoT环境的特点。