

物联网构件的自适应方法研究

何 双 周彦晖

(西南大学计算机与信息科学学院 重庆 400715)

摘 要 随着物联网的快速发展,如何让拥有感知能力的物体具有自适应能力,即能够有效地利用自身感知来改变自身的状态以适应环境的变化,成为物联网研究当前面对的重要挑战之一。从构件的角度出发,在物联网三层架构的基础上,提出了 FEBDA (Feature Environment Belief Desire Action) 结构及其自适应机制的抽象定义,并建立了相应算法,最后通过实例演示了物联网构件的自主运行机制。

关键词 物联网, 构件, FEBDA 结构, 自适应

Study of Autonomous Method of IoT Component

HE Shuang ZHOU Yan-hui

(Faculty of Computer and Information Science, South West University, Chongqing 400715, China)

Abstract With the development of the Internet of Things (IoT), how to “intelligitize” the sentient objects with the self-adaption abilities to change their own autonomously against the environment is a real challenge in the IoT researches. Based on the components theory, this paper brought up the FEBDA (feature environment belief desire action) structure and its definition of self-adaptive from the three-tier architecture of IoT, and established corresponding algorithm to describe it, at last demonstrated the self-adaption mechanism of these components with instance.

Keywords IoT, Component, FEBDA structure, Autonomous

“物联网”是继计算机、互联网与移动通信网之后的世界信息产业的第3次浪潮。2005年国际电信联盟(ITU)正式提出了物联网的概念,物联网是在计算机互联网基础上利用射频识别(RFID)技术、无线通信技术、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,进行通讯和信息交换,以实现智能化识别、定位、跟踪、检测和管理的一种网络^[1]。

目前,人们从多个方面对物联网技术进行了深入的研究,国内主要致力于无线传感网的研究、围绕 M2M 展开的业务运营支撑平台的研究^[6],国外最典型的解决方案有欧美的 EPC 系统和日本的 UID 系统等^[7]。

当前的物联网系统,都是简单地对物体进行识别、定位、跟踪,比如电子不停车收费系统(ETC)、基于 RFID 的停车管理系统、基于 RFID 的物流跟踪管理系统等,并没有实现物体之间的交流和物体对其所处环境发生变化时做出反应^[4]的功能。

在 2010 中国物联网大会上,邓中翰提出物联网的终端应该具有感知能力、数据处理能力,在无人干预情况下能实现自我控制和智能的机器^[8],即物联网应该具有智能化的特点。目前的研究很少从构件的角度出发,研究物联网中物体的智能化问题,而智能软件技术则是实现物联网智能化的一个可行途径。因此,要实现物联网中物体的智能化,面临着一些重要问题:(1)如何表示物联网构件的构件模型,并通过模型将感知到的自身属性和环境信息显性地表示出来。(2)如何描述物联网中构件的自适应能力,在环境和自身属性的变化下

做出合理的规划,以适应自身属性和环境的变化。

物联网中的物体能够感知环境信息和自身属性值,是物联网相对于互联网最大的不同点^[10]。本文以构件理论为基础,将物联网中的物体抽象为构件,引入并定义了 Feature 和 Environment 要素,在 BDI 结构^[8]的基础上,提出了 FEBDA (Feature Environment Belief Desire Action) 结构来描述物联网中物体根据自身属性和环境的变化自行进行调整的过程,并给出了其自主运行机制以及与环境交互的算法。

1 物联网体系结构模型

由于物联网与互联网最大的区别在于物联网中的物体能够感知周围的环境变化和自身属性的变化,根据 ETSI 提出的 M2M 三层架构^[2,3]:应用层、互联层、设备层,从强调物联网感知能力和智能处理角度出发,我们将物体抽象为构件,对 M2M 结构进行了改进,将物联网视为三层体系结构:应用层、互联层、感知层(见图 1)。感知层主要是构件对数据的采集,互联层主要是构件与构件之间或构件与互联网之间的数据传输,应用层则主要是构件对数据的处理。

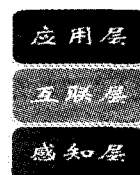


图 1 物联网体系结构模型

何 双(1986—),女,研究生,主要研究方向为软件工程,E-mail:doublehs@swu.edu.cn;周彦晖(1972—),男,副教授,硕士生导师,主要研究方向为软件工程。

2 物联网构件模型

为了解决物联网构件自适应的问题,本文提出了一个物联网构件模型,即用 FEBDA 结构描述构件的自主行为,通过动态改变自身的一些状态或动作来体现构件的自适应行为。物联网中的每个构件都采用 FEBDA 结构,可以视构件为自主行为的规约和实现的模块单元。构件还含有一个自适应策略 Strategy,表示构件在感应到所处环境和自身属性改变时,可通过 Strategy 来改变自身的状态或动作。因此构件通过自带感知器来感知外部环境和自身属性,或从互联网及其他构件获得环境信息,并根据当前自身的状态,动态执行自身固有的动作以适应环境或自身属性的改变。该模型的特点及 3 者之间的关系如图 2 所示,该模型具有自身属性显示化、环境显示化、自适应性的特点。

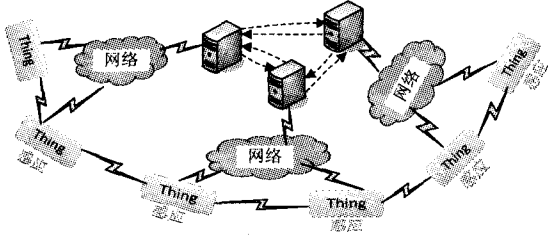


图 2 物联网构件模型

2.1 FEBDA 结构模型

BDI 结构包含信念、期望和意图 3 个认知部件,但该结构不利于表达物联网构件对自身属性以及环境的感知和影响,难以表示构件根据自身属性和环境的变化进行自适应演化的行为。针对这样的问题,我们对 BDI 进行扩展,提出了 FEBDA (Feature Environment Belief Desire Action) 结构作为物联网构件的基础。其中 F 表示构件自身属性的集合; E 表示构件所处的环境,包括构件当前所处的环境信息以及所有其它构件及它们的状态; B 表示构件的信念,是对构件自身的理解和认知; D 表示构件的期望,它反映了构件可能试图实现的任务或目标; A 表示构件的自身固有动作集。FEBDA 结构及各部分之间的关系如图 3 所示,其中 Rules 是 Strategy 中的一组规则,也即是按照 rule 决定构件应执行的动作。FEBDA 结构能够很好地与物联网的三层架构结合在一起,感知层表示构件获取环境和自身属性信息;互联层表示接收互联网或其它构件传送的环境信息,应用层即是处理获取的环境和自身属性值,并根据 rules 执行相应的动作序列。

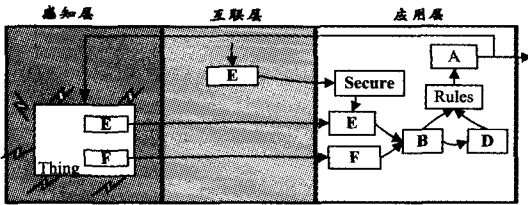


图 3 FEBDA 结构模型

为了支持构件的自适应演化,需要对物联网构件的 FEBDA 结构进行抽象以及形式化的描述。

定义 1 定义 C (Component) 为构件在一定范围内需要获取的其它构件信息的构件集,用 A 表示该 Component 固有的动作集,用 D 表示该 Component 的期望集。

定义 2 用 F (Feature) 表示构件自身属性的集合, F 用二元组 $F = \langle P, V \rangle$ 表示,其中 P 表示构件的所有属性的集合, V 表示属性具体值的集合。 $F = \{ \langle p, v \rangle \mid p \in P, v \in V \}$ 。

定义 3 定义 E (Environment) 为该构件能够感知的环境信息的集合,表达式为 $E = EC \wedge ES$ 。 EC 表示该构件能够感知到的其它构件的当前状态信息,表达式为 $EC = \bigcup_{c \in C} (c, execute(a))$, $c \in C, a \in A$; ES 表示该构件感知的所处环境的信息,比如温度、湿度等, ES 用二元组表示,具体的表达式为 $ES = \{ \langle p, v \rangle \mid p \in P, v \in V \}$ 。

定义 4 用 B 表示该 Component 的信念集合, $B = BC \wedge BE$,其中 BC 表示构件对自身的认识, BE 表示构件对环境的认识。

定义 5 物联网构件 Component 用五元组表示: $Component = \langle F_c, E_c, B_c, D_c, A_c \rangle$,其中 F_c 表示构件自身属性的集合; E_c 表示环境的集合; B_c 表示信念的集合; D_c 表示期望的集合; A_c 表示构件固有动作集。

具有 FEBDA 结构的构件可以感知自身和环境的变化,自身和环境的变化可以改变其信念,信念的改变可能会导致新期望的产生。构件会根据信念、新期望选择适当的动作,然后执行动作,而在动作序列执行的过程中可能会引起自身属性或环境的改变,从而导致其信念和期望的再次改变。

由以上定义,构件自主运行过程中各部分之间的关系描述如下(其中 $a, a' \in A; f, f' \in F; e, e' \in E; b, b' \in B; d, d' \in D$):

- $\exists f \wedge b \rightarrow b'$, 构件的自身属性改变信念;
- $\exists e \wedge b \rightarrow b'$, 构件所处的环境改变信念;
- $\exists f \wedge \exists e \wedge b \rightarrow b'$, 构件的自身属性和环境改变信念;
- $\exists b \wedge d \rightarrow d'$, 信念改变目标;
- $\exists a \wedge f \rightarrow f'$, 动作序列的执行影响构件自身的属性;
- $\exists a \wedge e \rightarrow e'$, 动作序列的执行影响环境。

定义 6 用 Bf 表示信念修改函数, $Bf: f \times e \times b \rightarrow b'$,其中 $f \in F, e \in E, b \in B$ 。

定义 7 用 Df 表示期望修改函数, $Df: b \times d \rightarrow d'$,其中 $b \in B, d \in D$ 。

定义 8 用 Af 表示动作选择函数, $Af: b \times d \rightarrow a^*$,其中 $b \in B, d \in D, a \in A, *$ 表示动作序列。

2.2 自适应行为

物联网构件模型里面的自适应 Strategy 包含一组构件自适应行为的规则,每个规则说明了构件在什么样的环境和自身属性条件下应该如何改变自身的状态。这组规则是根据环境和自身属性变化预定义的。每个规则的具体语法定义为 $[\text{when belief expressions}][\text{when desire expressions}] \text{Then op}$,其中 op 就是动作集 A 中的元素,其形式化的描述为 $b \times d \rightarrow a$,其中 $b \in B, d \in D, a \in A$ 。

3 构件自主运行机制

3.1 自主运行机制

基于以上定义,结合 FEBDA 结构设计了一个用于物联网构件自适应的算法。

该算法的基本流程如下:

- 1 Function Autonomous Run
- 2 Begin

```

3  while true do
4     $F_a = \text{Sensor}(a)$ 
5     $E = \text{Sensor}(E_a) \cup \bigcup_{i \in E-a} \text{Get}(E_i)$ 
6    if (E from the Internet)
7      if (! Secure(E))
8        continue
9       $B_a = Bf(F_a, E, B_a)$ 
10      $D_a = Df(B_a, D_a)$ 
11      $A = Cf(B_a, D_a)$ 
12     while not (Empty(A) or Succeed( $D_{\text{total}}$ ) or Impossible( $D_{\text{total}}$ ))
13        $a = \text{head}(A)$ 
14        $A = A.\text{pop\_front}()$ 
15       execute(a)
16        $F_a = \text{Sensor}(a)$ 
17        $E = \text{Sensor}(E_a) \cup \bigcup_{i \in E-a} \text{Get}(E_i)$ 
18       if (E from the Internet)
19         if (! Secure(E))
20           continue
21        $B_a = Bf(F_a, E_a, B_a)$ 
22        $D_a = Df(B_a, D_a)$ 
23       if (change(B, D))
24          $A = Cf(B_a, D_a)$ 
25     end while
26   end while
27 end Function Autonomous Run

```

4 应用案例

为了说明上述物联网构件自适应算法,下面通过一个简单的车联网实例来描述该算法的执行过程。

车联网是物联网的一种,汽车即是物联网中的实体。由于真正的车联网相当复杂,因此本文仅模拟一个简单的无人驾驶汽车经过一个十字路口的过程。在这个场景中,汽车首先会遇到一个行人横穿公路,然后到达十字路口,向右转,在向右转的过程中,需要从互联网获取一个转角信息,汽车完成右转后,这时汽车电量不足以到达目的地。在这里假设每辆汽车可以感知自身属性和环境的信息,也可以从互联网或其它汽车获取相关的环境信息。这个案例中汽车行驶的速度我们暂不考虑。

该构件有一个自适应策略 Strategy,该 Strategy 有一组自适应的规则,该规则是预定义的,具体的描述如下:

- Rule1: $B(F(OK) \wedge E(OK)) \times D(\text{want to move to destination}) \rightarrow \text{execute}(\text{run})$
- Rule2: $B(F(\text{power, deficiency}) \wedge E(OK)) \times D(\text{want to get the address of the power station}) \rightarrow \text{execute}(\text{get power and run})$
- Rule3: $B(F(\text{power, deficiency}) \wedge E(OK)) \times D(\text{want to get power}) \rightarrow \text{execute}(\text{run})$
- Rule4: $B(F(\text{power, deficiency}) \wedge E(\text{in the power station})) \times D(\text{want power}) \rightarrow \text{execute}(\text{get of power})$
- Rule5: $B(F(OK) \wedge E(\text{people or something front of car})) \times D(\text{want to avoid things}) \rightarrow \text{execute}(\text{brake})$
- Rule6: $B(F(OK) \wedge E(\text{red light and corner})) \times D(\text{want to turn}) \rightarrow \text{execute}(\text{brake})$
- Rule7: $B(F(OK) \wedge E(\text{green light and corner})) \times D(\text{want to arrive at the corner}) \rightarrow \text{execute}(\text{arrive at the corner}) \text{ and } \text{execute}(\text{turn})$

根据前面的算法和定义,我们假定场景从汽车在到达目的地之前的一个十字路口开始,具体的流程如下:

```

Execute(run)
↓
Sense; E(people front of car)
↓
 $Bf; B() \times F(ok) \times E(\text{people front of car}) \rightarrow B(F(ok) \wedge E(\text{people front of car}))$ 
↓
 $Df; B(F(ok) \wedge E(\text{people front of car})) \times D(\text{want to move to destination}) \rightarrow D(\text{want to avoid people})$ 
↓
 $Af; \text{Rule5}; B(F(OK) \wedge E(\text{people or something front of car})) \times D(\text{want to avoid things}) \rightarrow \text{execute}(\text{brake})$ 
↓
Execute(brake)
↓
Sense; E(ok)
↓
 $Bf; B(F(ok) \wedge E(\text{people front of car})) \times F(ok) \times E(ok) \rightarrow B(F(ok) \wedge E(ok))$ 
↓
 $Df; B(F(ok) \wedge E(ok)) \times D(\text{want to avoid things}) \rightarrow D(\text{want to move to destination})$ 
↓
 $Af; \text{Rule1}; B(F(OK) \wedge E(OK)) \times D(\text{want to move to destination}) \rightarrow \text{execute}(\text{run})$ 
↓
Execute(run)
↓
Sense; E(red light and corner)
↓
 $Bf; B(F(OK) \wedge E(OK)) \times F(OK) \times E(\text{red light and corner}) \rightarrow B(F(OK) \wedge E(\text{red light and corner}))$ 
↓
 $Df; B(F(OK) \wedge E(\text{red light and corner})) \times D(\text{want to move to destination}) \rightarrow D(\text{want to turn right})$ 
↓
 $Af; \text{Rule6}; B(F(OK) \wedge E(\text{red light and corner})) \times D(\text{want to turn}) \rightarrow \text{execute}(\text{brake})$ 
↓
Execute(brake)
↓
Sense; E(green light and corner)
↓
 $Bf; B(F(OK) \wedge E(\text{red light and corner})) \times (F(OK) \times E(\text{green light and corner})) \rightarrow B(F(OK) \wedge E(\text{green light and corner}))$ 
↓
 $Df; B(F(OK) \wedge E(\text{green light and corner})) \times D(\text{want to make a turn}) \rightarrow D(\text{want to arrive at the corner})$ 
↓
 $Af; \text{Rule7}; B(F(OK) \wedge E(\text{green light and corner})) \times D(\text{want to arrive at the corner}) \rightarrow \text{execute}(\text{arrive at the corner}) \text{ and } \text{execute}(\text{turn})$ 
↓
From the internet; execute(arrive at the corner)
↓
Execute(turn)
↓
Sense; F(power, deficiency)
↓
 $Bf; B(F(OK) \wedge E(\text{green light and corner})) \times F(OK) \times E(\text{green light and corner}) \rightarrow B(F(\text{power, deficiency}) \wedge E(OK))$ 

```

- [1] International Telecommunication Union. ITU Internet Reports 2005; The Internet of Things[R]. Geneva: International Telecommunication Union, 2005
- [2] Luigi A, Antonio I, Giacomo M. The Internet of Things; A survey[J]. International Journal of Computer and Telecommunications Networking, 2010, 54(15): 2787-2805
- [3] Weber R. Internet of things-Need for a new legal environment [J]. Computer Law & Security Review, 2009, 25: 522-527
- [4] Goncalves V, Dobbelaere P. Business Scenarios for Machine-to-Machine Mobile Applications[C] // Proc. International Conference on Mobile Business and Global Mobility Roundtable(IC-MB-GMR). 2010: 394-401
- [5] Doppler K, Rinne M, Wijtingetal C. Device-to-device communication as an underlay to LTE-advanced networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2009, 47(12): 42-49
- [6] 胡昌玮, 周光涛, 唐雄燕. 物联网业务运营支撑平台的方案研究 [J]. 信息通信技术, 2010(02): 52-57
- [7] 宁焕生, 张瑜, 刘芳丽, 等. 中国物联网信息服务系统研究 [J]. 电子学报, 2006, 34(12A): 2515-2517
- [8] 奚国华, 邬贺铨, 钱大群, 等. 2010年6月29日中国物联网大会记录稿, 2010 [M]. 北京: 中国电子学会, 2010: 3-33. <http://wenku.baidu.com/view/da5720d9ce2f0066f5332253.html>
- [9] 常志明, 毛新军, 齐治昌. 基于 Agent 的网构软件构件模型及其实现 [J]. 软件学报, 2008, 19(5): 1113-1124
- [10] 董丽峰. RFID 中间件技术在物联网中的应用及研究 [J]. 黑龙江科技信息, 2010(10): 73-74

↓

$Df; B(F(\text{power}, \text{deficiency}) \wedge E(\text{OK})) \times D$
(want to turn) $\rightarrow$ D(want to get the address of the power station)

↓

$Af; \text{Rule2}; B(F(\text{power}, \text{deficiency}) \wedge E(\text{OK})) \times D$
(want to get the address of the power station) $\rightarrow$ execute
(get a power station and run)

↓

From the internet; Execute(get a power station) and
Execute(run)

↓

$Bf; B(F(\text{power}, \text{deficiency}) \wedge E(\text{OK})) \times$
 $F(\text{power}, \text{deficiency}) \times E(\text{OK}) \rightarrow B(F(\text{power},$
 $\text{deficiency}) \wedge E(\text{OK}))$

↓

$Df; B(F(\text{power}, \text{deficiency}) \wedge E(\text{OK})) \times D$
(want to get the address of the power station) $\rightarrow$ D
(want to get of power)

↓

$Af; \text{Rule3}; B(F(\text{power}, \text{deficiency}) \wedge E(\text{OK})) \times D$
(want to get of power) $\rightarrow$ active(run)

结束语 针对物联网中构件的自适应问题, 本文抽象地定义了 FEBDA 结构, 设计了相应算法来模拟实现物联网中构件自适应的过程, 并通过一个简单的实例对这个自适应算法进行了说明。应用本文方法的前提条件是物联网构件具有数据处理能力, 本文中并没有考虑构件感知环境信息和处理能力的限制条件, 以及构件之间或构件与互联网之间信息传输的效率与安全性^[5], 这些重要问题将在下一步的工作中深入研究。

(上接第 6 页)

置于 RFID 电子标签之中的 3 种人为操作(或是在人的指令下的机器处理), 后者是指信息采用 RFID 读取器非接触式读取方式而上载互联网。RFID 电子标签和 RFID 读取器又共同构成 RFID 系统。信息上载互联网之后, 物联网就与其它互联网应用基本别无二样了。在这个意义上可以说, 物联网构建的基础工作主要有两项: 对所上载互联网的与物有关的信息进行预处理和 RFID 系统的建设。

结束语 原名 Internet of Things 和译名“物联网”各有所长。前者规定了该指称对象属于 Internet 类, 后者则指出了种差为“物”(将 Thing 的另一个重要语义即通常是无形的因而无法与电子标签绑定的“事”排除在外)。两者的共同缺陷是没有进一步明确: “物”是“物的信息”, “网”是“互联网应用”。词语“物联网”的真实语义是“全球共享物的信息的互联网应用”。

对象的基本属性说明“它是什么”, 标志性特征则指出“它与其它对象有何不同”。物联网的基本属性由词语“物联网”的语义而规定: 互联网应用和物的信息。物联网的标志性特征则有 4 个: 限于物的信息、UID/EPC 编码、RFID 电子标签存储、RFID 读取器非接触式读取上载。

互联网应用是基于互联网的信息共享方式, 对其的描述可分为信息在上载互联网之前的预处理、信息上载互联网之后在互联网上的存储与传输、信息从互联网下载以供用户使用 3 个阶段。图示模型可直观地对此进行流程式描述。物联网的图示模型以直观形象形式强调了: 物联网是一种互联网应用, 其特别之处在于前端的 4 个标志性特征。物联网的集合表示模型则以抽象逻辑形式突出了: 物联网本质上是一个

物的信息的集合, 如此认识便于与其它互联网应用所代表的信息集合进行对比分析。

除了实现互联网应用的共性任务之外, 物联网构建的专有工作主要是信息的预处理(物的信息的选取、物的信息的 UID/EPC 编码、物的信息内嵌于 RFID 电子标签)和 RFID 系统的建设。

参考文献

- [1] Wikimedia Foundation Inc. Internet of Things: from Wikipedia, the free encyclopedia [EB/OL]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Internetofthings>
- [2] International Telecommunication Union. ITU internet reports 2005; the Internet of Things [EB/OL]. <http://www.itu.int/internetofthings>
- [3] 亚里士多德. 形而上学 [M]. 苗力田, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2003
- [4] 李如年. 基于 RFID 技术的物联网研究 [J]. 中国电子科学研究院学报, 2009, 4(6): 594-597
- [5] 宁焕生, 王炳辉. RFID 重大工程与国家物联网 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009
- [6] Welbourne E, Battle L, Cole G, et al. Building the Internet of Things using RFID [J]. IEEE Internet Computing, 2009, 13(3): 48-55
- [7] Urien P, Nyami D, Elharbi S, et al. HIP tags privacy architecture [A] // Proceedings of 3th International Conference on Systems and Networks Communications [C]. 2008: 142-147
- [8] Rieback M, Crispo B, Tanenbaum A. The evolution of RFID security [J]. Pervasive Computing, 2006, 5(1): 62-69