

基于智慧家庭操作系统 UHomeOS 互联互通关键技术的研究

陈国伙 尹德帅 徐 静 钱学文 王 森
青岛海尔科技有限公司 山东 青岛 266101

摘 要 随着智能家居行业迅速发展,亟需一个可以实现跨品牌智能终端互联互通的操作系统。目前,多个知名厂家推出了智慧家庭操作系统,意图建立良好的应用生态。其中,海尔 UHomeOS 是全球首个面向智能家电的物联网安全操作系统,它涵盖了整套智能家居解决方案。文中基于海尔 UHomeOS 探讨了实现互联互通的 3 个关键技术,对每一个关键技术进行了进一步研究,并提供了解决方案。3 个关键技术包括设备配网技术、设备建模技术以及智能控制技术。文中采用了“组播 MAC 技术+softap 技术”,建立统一的设备模型,并在设备模型中对涉及逻辑关系的操作设立了约束,整体实现了互联互通。另外,文中还通过场景实例实现了家电设备的智能控制,从而验证了 UHomeOS 基于智能场景互联互通的可信性。

关键词: 物联网;智慧家庭;操作系统;智能场景;互联互通
中图法分类号 TP316.9

Study on Key Technologies of Interconnection Based on Smart Home Operating System UHomeOS

CHEN Guo-huo, YIN De-shuai, XU Jing, QIAN Xue-wen and WANG Miao
Qingdao Haier Technology Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266101, China

Abstract The rapid development of the smart home industry requires an operating system that can achieve cross-brand smart terminal interconnection. At present, many well-known manufacturers have launched their own smart home operating systems, with the intention of establishing a good application ecology. Haier UHomeOS is the first secure IoT operating system for smart appliances in the world, which covers a complete set of smart home solutions. Based on Haier UHomeOS, this paper explores three key technologies for achieving interoperability, further researches each key technology, and provides solutions. Among them, three key technologies include: equipment distribution network technology, equipment modeling technology and intelligent control technology. In this paper, “multicast MAC technology+softap technology” is used to build a unified device model. In the device model, constraints are set for the operations involving logical relations, and the overall interconnection is realized. This paper also implements intelligent control of home appliances through scenario examples, thereby verifying the reliability of UHomeOS based on intelligent scenario interconnection.

Keywords IoT, Smart home, Operating system, Intelligent scene, Interconnection

1 引言

目前,全球正处于万物互联的智慧生活时代,智慧家庭产业拥有着庞大的潜在市场,已有众多科技巨头对智慧家庭操作系统进行布局^[1-3]。美国知名智能家居企业 Control4 的新操作系统 OS3,可支持超过 13 500 个第三方设备和 7 500 个 Control4 SDDP 嵌入式产品,可以从一个更直观、单一的平台控制所有设备,进而实现业主所需要的个性化^[4]。华为的 HiLink 是智能家居开放互联平台,通过华为 1+8 全场景入口矩阵、智慧生活 APP 等实现自然、友好、无处不在的自然交互与一致体验^[5]。苏宁 Biu+ 全屋智能解决方案,支持多设备、多协议打通,可以实现多场景模式一键切换、用户画像、深度学习,自定义个性场景等^[6]。海尔 UHomeOS 可以提供全场景式交互体验,场景以人为核心融合人周边的设备,除具有实时性外,还具有安全性和完备性等特点^[7]。

在众多的智慧家庭操作系统的环境下,亟需解决跨品牌和跨品类的智能家电互联互通问题^[8-10]。这是因为随着智能硬件品类的全面爆发,在智慧生活场景中存在数量众多、品种多样的智能家居终端设备,不同的设备采用各自的系统,各种产品之间难以联动,造成用户生活体验碎片化,难以支撑智慧生活各种各样的场景。

鉴于智能设备互联互通割裂化问题,本文基于海尔 UHomeOS 操作系统,对智慧家庭操作系统实现互联互通的关键技术进行深入研究,旨在提供解决方案,以支持智慧家庭产业健康有序的发展。

2 UHomeOS 操作系统互联互通的关键技术

海尔的 UHomeOS 是物联网时代专为智慧家庭而定制的操作系统,可划分为操作系统内核、扩展功能组件、智慧家庭管理组件、安全管理体系。

基金项目:国家科技重大专项-核高基项目(2017ZX01038101)

This work was supported by the Core Electronic Devices, High-end Generic Chips and Basic Software(2017ZX01038101).

通信作者:陈国伙(lianpengfei@haier.com)

该操作系统是基于硬件模块,融合互联互通、大数据、人工智能等技术的成果,集结智能家居行业生态服务资源,提供跨场景、全兼容、多资源、高安全的基础操作环境。针对智慧家庭中不同处理能力的智能设备,UHomeOS 具有统一的内核,并支持可扩展可裁剪,分为 Full/Compact/Lite 3 个版本;能够支持国际主流的互联互通协议,如 OCF,MQTT 等;同时集成了语音识别、图像识别、自然语言处理等能力。

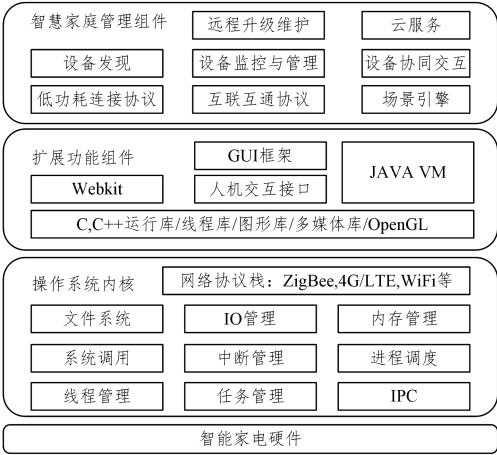


图 1 UHomeOS 操作系统架构

Fig. 1 UHomeOS operating system architecture

为了实现跨品牌的智能家电互联互通,在智慧家庭操作系统中需要加入互联互通协议栈,从而实现智慧家庭中的智能设备之间、智能设备与 APP、智能设备和云平台之间的互联互通。智慧家庭互联互通协议栈如图 2 所示。



图 2 智慧家庭互联互通协议栈

Fig. 2 Smart home interconnection protocol stack

协议适配层用来适配目前主流的通信协议,来保证运行不同协议的智慧家庭设备能够互相联通。协议适配层为上层提供了统一的交流语言,能够使运行不同协议的设备间相互发现。协议适配层还允许运行智慧家庭操作系统的设备作为小型网关使用,进而为设备间的信息分享和分布计算及联合决策提供支撑。同时协议适配层也用来进行上层协议的转换和转发。

设备相互发现用来发现在网内的设备,该层一直处于监听状态,以监听来自于协议适配层的信息。为使设备相互发现,该物联网操作系统对设备进行抽象化,抽象化的意义是使得种类繁多、功能差异化比较大的设备有统一的标识。

设备间相互发现后,需要相互分享各个设备的能力及目前的状态,以及周围设备的变动信息。

分布运算和联合决策是指在设备间信息分享后,各个设

备根据自身状态及周围设备的状态变动信息进行分布式计算和联合决策。在信息传递机制上,该模块主动为上层传递信息。因此,智慧家庭操作系统互联互通的关键技术如下。

(1)设备配网技术:Wifi 设备需要连接上路由器(即 Wifi 热点,又称作 AP)才能上网,实现数据上报和远程控制,将 Wifi 设备获取 Wifi 热点的名字和密码的过程称做配网,现有的配网技术经常发生设备配网不成功的问题。

(2)设备建模技术:为接入智慧家庭的设备提供统一功能描述,业内通常用 hardcode 的方式,或者用二进制文件的方式描述设备,其可移植性和通用性不佳。

(3)智能控制技术:为设备的智能化控制技术,现有设备模型中,设备的各项属性、操作之间是完全并列的,不体现任何逻辑关系,造成智能控制失败。

下面基于海尔 UHomeOS 智慧家庭操作系统,分别阐述实现互联互通的 3 种关键技术,及各自具体的解决方案。

3 关键技术——设备配网解决方案

目前很多智能设备都具有 Wifi 的联网功能,却没有人机交互的界面,这类设备(A)接入网络时,需要借助其它设备(B)(如手机、掌上电脑、电脑等)来帮助其接入网络。接入网络时,A 设备处于嗅探模式,抓取空间中所有 MAC 帧,B 设备将网络配置信息编码在 MAC 帧长中,A 设备在不知道密码的情况下即可获取到网络配置信息^[11]。在此过程中,B 设备需要发送大量的特征数据与 A 设备进行同步,这种传送网络配置信息的方法效率很低。

在海尔 UHomeOS 中,我们采用“组播 MAC 技术+softap 技术”来发送、接收网络配置信息。首先使用组播 MAC 技术进行设备配网,在组播技术配网失败后,采用 softap 方式进行设备配网。

如图 3 所示,A 设备包括接收模块、信息判断模块和提取模块。接收模块用于连续接收至少一个 MAC 帧,其中每一个 MAC 帧的帧头中的目的地址与所述地址列表中的组播地址一一对应。信息判断模块用于判断接收到的至少一个 MAC 帧中是否对应于一个组播地址。当信息判断模块判断出接收到的至少一个 MAC 帧的帧头中的目的地址对应于一个组播地址,提取模块从组播地址中提取用于接入网络的网络配置信息。组合模块将提取到的多个网络配置信息中的最小有效信息集合组合得到新的网络配置信息,特别适用于网络配置信息包含的内容较多,无法通过一个 MAC 帧传完的情况。

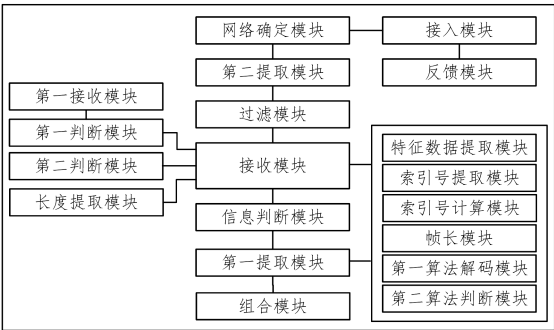


图 3 A 设备结构示意图

Fig. 3 A equipment structure diagram

如图 4 所示,基于组播技术发送网络配置信息的 B 设备包括地址模块和发送模块。地址模块用于根据网络配置信息生成含有至少一个组播地址的地址列表。发送模块用于连续发送至少一个 MAC 帧;每一个 MAC 帧的帧头中的目的地址与地址列表中的组播地址一一对应。

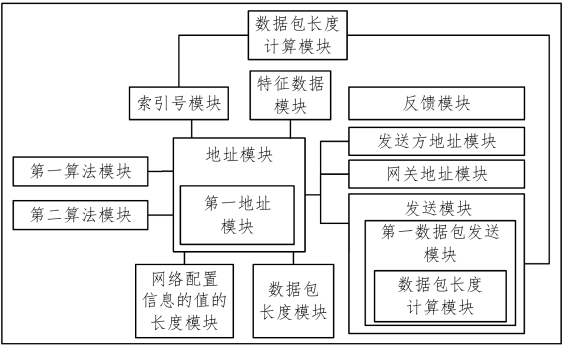


图 4 B 设备结构示意图

Fig. 4 B equipment structure diagram

在实际流程中,B 设备通过生成包含网络配置信息的至少一个组播地址,使得作为接收方的 A 设备不仅能通过组播地址这一特征确认该组播地址中包含的网络配置信息,还能从该组播地址中获取部分或者全部的网络配置信息,并且作为发送方的 B 设备不需要断开网络,加速了作为接收方的 A 终端接入网络的速度。

基于以上技术即可实现快速设备配网,该流程采用通用 TCP/IP 协议栈和 802.11 协议,不需要对现有协议栈进行修改,同时,使用目前通用的操作系统所提供的 API 即可实现,适配性强。

4 关键技术——设备建模解决方案

在实际环境中,同一厂家不同型号的设备,以及不同厂家的设备,不仅功能描述方式不同,内部的设备编码规则也不同,为了保证智慧家庭系统中不同场景下不同设备的统一控制,以及设备之间的信息智能交互,需要为接入智慧家庭平台的智能设备提供统一功能描述,即设备建模^[12]。

在海尔 UHomeOS 中,针对不同厂商设备建立设备模型的依据有所区别。对于海尔自有家电,依据设备通用网络协议(包含网络协议控制帧、状态帧、报警状态汇报帧里的指令、状态和报警信息)来设计建立模型描述;对于第三方家电,则主要依据第三方公开通信协议、规格说明书等来建立通用的设备模型描述。

我们建立的设备模型主要描述设备的功能特征,包括基本信息、操作、属性、告警、无效信息等,可用于图 5 所示的多种应用。

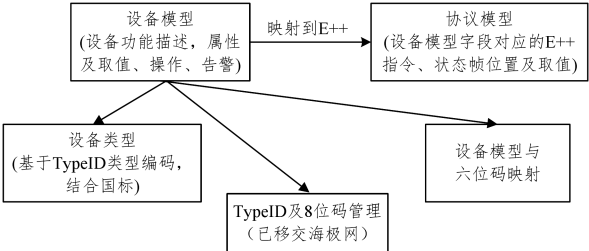


图 5 设备模型的应用

Fig. 5 Application of equipment model

(1)基本信息:用于描述设备最基本的信息,包括设备类型、编号、型号、制造商等。

(2)属性:用于描述设备可供用户访问的各类属性,包括表征设备自身工作状态的属性,以及设备传感器数据等。

(3)操作:用于描述设备可供用户调用的各类操作。根据输入参数的个数,可分为普通操作和高级操作。当输入参数的个数大于 1 时,应定义为高级操作。注:单个属性值的获取和设置,不定义为操作。

(4)告警:用于描述设备产生的各类故障/告警信息。

(5)无效信息:用于描述设备针对用户无效操作上报的反馈信息。

对于每一项基本信息、属性、操作、告警、无效信息,其名称字段的命名规则如下:

(1)由英文字母、数字和“_”符号组成。其中,“_”符号仅在第三方标识中使用。第三方标识用于标识第三方设备的个性化特征,在名称字段中以前缀方式出现,并以“_”符号作为结尾,例如××公司设备的个性化“湿度”属性名称为××_Humidity。

(2)首字符若为字母,应小写;若名称中包含多个单词,从第 2 个单词开始,首字母大写,其余字母小写。例如,“合计用水量”属性名称为 totalWaterUsed。

(3)操作具有明确的操作对象时,名称字段可采用“动作”+“操作对象”的格式。例如,“清除历史数据”操作名称为 clear-HistoricalData。

(4)高级操作的名称字段可采用“gr”作为前缀。例如,“设置时间日期”操作名称为 grSetDateTime。

通过以上操作设置建立统一的设备模型,可以为硬件开发提供标准化支撑,简化设备开发工作,简化海尔自有设备的控制流程以实现统一控制,以及简化与第三方设备/平台的互联互通。

5 关键技术——智能控制解决方案

在智慧家庭环境中,智能家电设备的某些功能或参数之间存在建立一定的逻辑关系,如两个功能不能同时被用户调用,或者某功能和其他功能实施的前提,因此,想要满足智能场景的体验,需要在家电设备模型中体现出各种逻辑关系,否则云平台控制家电设备时,可能出现某些功能由于逻辑关系错误或未得到满足而无法调用的情况,导致用户无法获得预期服务,影响用户体验^[13-15]。

在海尔 UHomeOS 中,我们在设备模型中对涉及逻辑关系的操作设立了约束,通过约束列表来描述某项属性 P_0 的某项取值 v_0 对同一设备其他属性的影响。

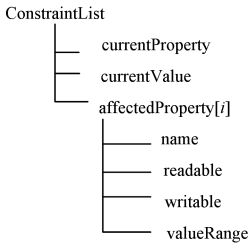


图 6 约束列表示意图

Fig. 6 Constraint list diagram

在实际操作中,在云平台预先定义约束列表 ConstraintList;当属性 P_0 的取值由 v_0 变为 v_k 后,云平台根据 ConstraintList 里的约束条件,自动更新设备对象中其他受影响属性的状态,并向手机 APP 等控制端发送更新后的设备状态数据;用户/平台根据更新后的设备状态,向设备发送控制指令,从而避免不可调用的操作或不可设置的取值。

以具体空调控制场景为例(见图 7),在空调控制实例中,我们设置的约束条件为:空调的“工作模式”为“通风”时,不允许设置目标温度;“工作模式”为“制冷”或“制热”时,允许设置目标温度。

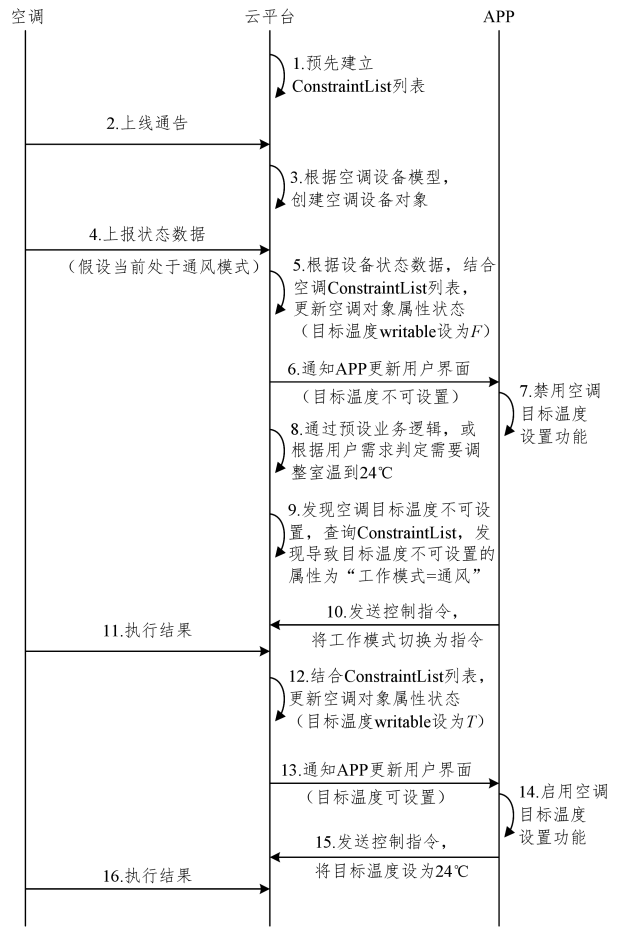


图 7 空调控制流程示意图

Fig. 7 Air conditioning control flow diagram

在实际流程中,云平台根据空调上报的状态数据查询约束列表,更新空调设备对象的属性状态,当空调上报的工作模式为“通风”时,云平台将目标温度属性的 writable 置为 False,向 APP 发送设备状态数据;APP 更新用户控制界面,禁用设置目标温度功能。

云平台根据预先设置的业务逻辑或用户需求,判定当前需要将室温降低到 24°;云平台查询空调设备对象,发现当前 TargetTemp 属性的 writable 为 False,无法设置目标温度;云平台查询约束列表,发现限制 TargetTemp 不可写的约束条件是“工作模式”为“通风”;云平台自动向空调下发控制指令,将工作模式从“通风”切换为“制冷”。

在海尔 UHomeOS 中,我们通过在设备模型中建立约束列表的方式,使云平台可以根据约束列表自动更新设备状态,屏蔽不可调用的功能、不可设置的参数取值等;另一方面,当

云平台需要控制家电设备执行某项功能但发现该功能无法调用时,可以通过查询约束列表,找到限制该功能无法调用的业务逻辑,然后自动控制家电设备切换到允许该功能调用的状态,从而完成功能调用,最终实现设备的智能控制。

结束语 本文基于海尔 UHomeOS,对智慧家庭操作系统实现互联互通的关键技术进行了研究。通过对 UHomeOS 架构进行分析,圈定了 3 个关键技术,并分别对 3 个关键技术进行深入研究,提供了解决方案。本文通过 UHomeOS 实现用户智能场景下的设备联动的可行范例,完成对智能家居的智能控制,能够让用户的家居生活更加智能化,更加便捷,实现了智能化的互联互通。

参考文献

[1] XXU H,KÖNIG L,GÁLIZ D,et al. A generic user interface for energy management in smart homes[J]. Energy Informatics, 2018,1(1).

[2] PALANCA J,VAL E D,GARCIA-FORNES A,et al. Designing a goal-oriented smart-home environment[J]. Information Systems Frontiers, 2016,20:125-142.

[3] JO H,YOON Y I. Intelligent smart home energy efficiency model using artificial TensorFlow engine[J]. Human-centric Computing and Information Sciences, 2018,8(1):9.

[4] Control4 Delivers the Smart Home OS [EB/OL]. [https://www. businesswire. com/news/home/20190523005101/en/](https://www.businesswire.com/news/home/20190523005101/en/), 2019.

[5] MENG Y,LI S F,ZHANG Y C,et al. Security of information physical fusion system for Smart Home Platform[J]. Journal of Computer Research and Development, 2019,56(11).

[6] XU Y Z,LIN L K,LI D Q. The trend of artificial intelligence in computer research and development of community business[J]. Commercial Times, 2018(12):8-12.

[7] CHEN C,CHEN Y J. Internet platform model and traditional enterprise reengineering [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2016(6):84-88.

[8] RAVI P S,BHANU P S,MAHESH K S,et al. Designing Of Smart Home Automation System Based On Raspberry Pi[C]// Advancement in Science & Technology: International Conference on Communication Systems. AIP Publishing LLC, 2016.

[9] PLOSZ S,MOLDOVAN I,TRINH T A,et al. Design and Implementation of a Practical Smart Home System Based on DECT Technology[J]. Energy-Efficient Computing and Networking, 2010,54:104-113.

[10] XU Y,REN J,WANG G J,et al. A Blockchain-based Nonrepudiation Network Computing Service Scheme for Industrial IoT [J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2019:1-1.

[11] WILSON C,HARGREAVES T,HAUXWELL-BALDWIN R. Smart homes and their users;a systematic analysis and key challenges[J]. Personal & Ubiquitous Computing, 2015,19(2):463-476.

[12] AID L,ZAOUI L,MOSTEFAOUI S A M. Using DEVS for modeling and simulation of ambient objects in intelligent buildings[J]. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2016,7(4):579-592.