



家庭网络中智能家居设备无线快速连接技术

应闻达,徐龙杰,郭 涛,马智勇

(中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122)

摘 要:智能家居设备大多不具备显示屏,其网络设置成了困扰用户的使用难点,为此业界提出了多种应对方案。对目前已有的各种 Wi-Fi 快速连接技术进行了分析,对比了它们的特点及优缺点。而后针对运营商现有基础,提出了一种优化的适合运营商使用的无线快速连接方案,并对方案进行了技术验证。

关键词:智能家居;无线快速连接;Wi-Fi

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015307

Wireless Quick Connection Technology for Smart Home Devices in Home Network

Ying Wenda, Xu Longjie, Guo Tao, Ma Zhiyong

(Shanghai Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200122, China)

Abstract: Most smart home devices don't have screens, the network configuration has become a big problem for users. For this, a variety of technical solutions have been proposed to deal with it. The existing Wi-Fi quick connection solutions were analyzed. Their characteristics, advantages and disadvantages were compared. Then according to the telecom operator's basis, an improved wireless quick connection solution which was suitable for the operators was proposed and it was verified technically.

Key words: smart home device, wireless quick connection, Wi-Fi

1 引言

宽带和移动互联网的发展以及智能终端的普及催生了智能家居的蓬勃兴起,智能家居业务逐渐走进了用户家庭。冰箱、空调、洗衣机等各种家电以及灯泡、开关、电源插座等设备接入家庭网络中,与业务平台以及应用客户端互通,向用户提供设备控制、状态查询、场景联动等业务功能。可以看出,家庭联网是智能家居业务开展的基础,同时考虑到组网的方便及灵活性,无线连接成为

智能家居组网的主要方式。然而,这些新的智能家居设备与传统的手机、电脑、电视机、Pad 等终端不同,大多没有显示屏,因此无法采用常用的选择无线网络并输入密码的方式接入无线网络。为此,业界提出了各种技术方案,以解决智能家居设备首次配置接入无线网络以及后续再次修改无线连接配置的问题,也就是通常所说的无线快速连接技术。

目前,业界并无标准的、统一的无线快速连接解决方案,各厂商纷纷宣传和应用各自的无线快速连接技术,这

收稿日期:2015-11-10;修回日期:2015-11-15

论文引用格式:应闻达,徐龙杰,郭涛等.家庭网络中智能家居设备无线快速连接技术.电信科学,2015307

Ying W D, Xu L J, Guo T, *et al.* Wireless quick connection technology for smart home devices in home network. Telecommunications Science, 2015307



些技术有各自的特点和优缺点。本文分析对比了各种无线快速连接技术的差异,结合运营商自身的优势和基础,提出了一种优化的无线快速连接技术方案,可用于智能家居设备快速接入家庭网关,有效提高接入效率和用户体验。

2 智能家居设备主要采用的网络配置方式

目前市场绝大多数智能家居类设备均支持 Wi-Fi 连接,用户首先要对设备进行连接配置,下面列出了几种主流的配置方式。

(1)“先有线,后无线”方式

终端同时支持有线和无线两种连接方式,先使用有线 DHCP 连接至家庭网络中;在接入同样家庭网络的手机或者 Pad 上打开应用客户端程序,通过客户端中的设置功能对终端进行 Wi-Fi 连接配置;完成配置后将设备的有线连接断开。

(2)“先 AP,后 client”方式

终端启动后首先自动将 Wi-Fi 模块设置为 AP 模式,用户使用手机或者 Pad 搜索该终端的无线 AP 并进行连接;手机连接至该终端后,打开手机客户端或配置网页对其进行 Wi-Fi 配置,设置当前家庭网络无线的 SSID 和密码;设置完毕后终端自动将 Wi-Fi 模块切换为 client 模式,并连接至设定的家庭无线网络。

(3)“Wi-Fi 一键配置”方式

手机或 Pad 通过 Wi-Fi 连接无线 AP,使用手机向 Wi-Fi 智能终端发送无线网络配置参数;终端开启无线监听功能,收到无线网络的配置参数之后,使用参数连接至无线 AP。

这几种方式在对硬件的要求、用户体验以及应用推广的产品方面具有明显的差异,见表 1。

从表 1 可以看出,Wi-Fi 一键配置的用户体验最佳、配置速度最快,因而被通俗地称为无线快速连接。此项技术通常需要芯片厂商来配合终端厂商合作联调,目前主要是一些模组厂商以及平台服务商在研制和推广,其协议均为私有。

3 业界对无线快速连接的支持情况

上述 Wi-Fi 一键配置是一种无线快速连接的方式,从无线快速连接的定义来讲,只要是针对智能家居设备提供快速方便的无线连接解决方案的技术,都应属于无线快速连接技术的范畴。由于智能家居应用的推动,产业链上的许多厂商对无线快速连接投入了一定的研发资源和人力。

首先,芯片厂商(如 TI 及 MTK 等)直接从底层入手,基于 Wi-Fi 芯片直接提供无线快速连接能力。TI 推出 SimpleLink Wi-Fi CC3100/3200 芯片,采用 SmartConfig 技术,Wi-Fi 配置程序由 TI 开发,只需一步就能让家用设备通过智能手机或平板电脑连接到 Wi-Fi 网络。MTK 推出两款智能家居系统芯片——MT7688 和 MT7681。MT7688 为低功耗系统芯片,采用 Linux 系统,支持 IEEE 802.11n;MT7681 则适用于灯泡、门锁与插座等小型家电。两款芯片可支持 MTK 发布的智能手机应用程序,可实现照明灯具、智慧电视、智慧门锁等家电的无线网络连接。

其次,一些模组厂商面向智能家居设备提供 Wi-Fi 模组方案,基于 Wi-Fi 模组可提供无线快速连接能力,并在硬件层面对不同芯片进行了适配。Broadlink 采用了 TI 芯片方案,并在 Wi-Fi 快速连接基础上增加了对应用层的控制,从而实现 Broadlink 智能终端的快速连接和设备控制。上海庆科推出 EasyLink 一键联技术,开发提供搭载其 MICO 操作系统的模组以及手机 App 开发包,实现无线快速连接以及设备控制。目前已支持 Broadcom 的 Wi-Fi 芯片。

另外,微信也在其微信硬件平台推出了 AirKiss 技术,为智能硬件提供了一种快速入网配置技术,用户可使用微信客户端对设备进行无线配置。微信团队定义了 AirKiss 的应用技术协议,而具体实现需要由芯片、模组厂商或硬件设备厂商进行开发支持,目前已有几十家芯片和模组厂商的产品通过了 AirKiss 技术测试,可以很好地兼容 AirKiss 技术。

表 1 智能家居设备网络配置方式对比

对比项目	对终端或芯片的要求	用户体验	代表产品或厂商
先有线,后无线	对终端形态有要求,需具备有线接口	体验不佳	Wi-Fi 音响产品,如 SONOS
先 AP,后 client	Wi-Fi 芯片需支持 soft AP 功能,目前大多数芯片已支持	需要用户使用手机两次接入不同的 AP	电视棒
Wi-Fi 一键配置	需要 Wi-Fi 芯片支持	一步操作完成,用户体验最佳	模组厂商或平台服务商提供解决方案

4 无线快速连接方案的技术比较

Wi-Fi 一键配置是业界采用较多的一种无线快速连接技术,由于不同厂商对数据协议定义不同导致了存在各种不同的技术方案,但其核心原理主要包括两种,分别是 IP 多播和 IP 广播。除此之外,业界还有其他几种无线快速连接技术方案,下面将对这些方案进行分析对比。

4.1 Wi-Fi 一键配置

Wi-Fi 一键配置的核心机制,根据采用多播数据分组还是广播数据分组方式有所不同。对于多播方式,主要利用 IP 多播地址与 MAC 地址的映射,将信息字节隐藏于多播 IP 地址中进行传输;而广播方式,则利用 IEEE 802.11 协议数据帧长度值的可获取性,将信息字节用数据分组的长度来表示并传递。

4.1.1 多播方式

如图 1 所示,手机或者 Pad 首先连接至目标无线 AP 上,然后作为发送方按照一定规则将无线参数信息转换成特定数据分组,并按照具体的发送要求在该无线 AP 的局域网内向空口周期性地不断发送,直至收到终端连接成功的反馈或者超时。

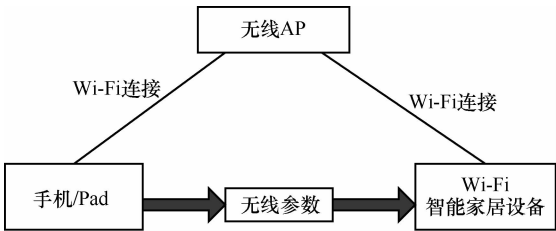


图 1 Wi-Fi 无线快速连接示意

智能家居设备作为接收方,按照与发送方约定的规则,监听手机向 AP 发送以及 AP 向局域网内转发的空口数据信息,从捕获的数据分组中提取无线连接参数信息,进而切换至 Wi-Fi client 状态连接目标无线 AP,连接成功后向发送方反馈连接成功消息。

进行 Wi-Fi 一键快速连接所需要传递的必要参数包括:目标无线 AP 的 SSID 和密码、手机或 Pad 接收反馈消息的 IP 地址端口号。这些参数将按一定规则组成发送的数据分组。无线配置参数的数据格式见表 2。

多播方式:根据 IP 多播地址与 MAC 地址的映射规则:多播分组的 MAC 地址的格式 01:00:5E:0X:XX:XX。前 3 位固定,后 3 位可携带数据信息,即一个多播分组至多可发送 3 byte 的数据。每个多播分组的第 4 字节表示数

表 2 无线配置参数的数据格式

长度/byte	说明	备注
1	分组长度:分组长度字段之后数据内容的长度	数据内容:各组参数之间用“&”隔开,组内参数之间用“/”隔开
-	SSID 无线密码 IP 地址和端口号	
1	校验值:校验值等于数据内容的异或和	

据索引,即数据内容在全部数据中的索引。该字节按照多播 MAC 地址规则,最高位必须为 0,其余 7 位总共可表示 1~128。第 5~6 字节表示数据内容,即一个多播分组携带 2 byte 的有效数据,格式见表 3。

表 3 多播分组携带信息字节的格式

字节	位域	说明
0	-	数据索引:数据内容[0]在全部数据中的索引值
1~2	-	数据内容

如图 2 所示,假如要传输的 SSID 和密码分别为“TEST”和“12345678”,则将其按照每两个一组,逐一分配到各个多播分组中。

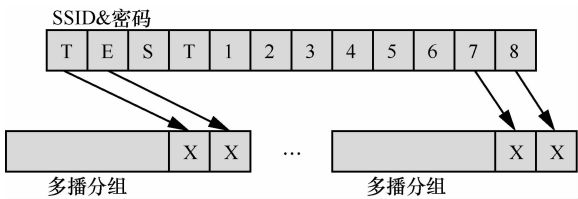


图 2 参数数据与多播分组映射示意

4.1.2 广播方式

利用一个长度在 0~255 的广播分组具体表示一个字节的数值。例如,一个长度为 127 的广播分组,代表一个数值为 127 的 ASC 码。为了排除其他广播分组的干扰,提高数据传输的成功率,使用连续 3 个广播分组来携带一个字节的的有效数据(包含数据索引和数据内容)进行发送。相应的,在发送之前需要先将一个字节的的有效数据及索引编码为 3 byte。

经测试,采用多播方式的无线快速连接,除去用户输入密码的时间,一般需要 10~30 s;而广播方式的效率则相比要低一些,大约需要 30~60 s。总体来看,采用 Wi-Fi 一键配置的快速连接技术,其成功率一般在 70%~90%,无线干扰导致数据丢失分组是影响成功率的主要因素;另外,由于智能家居设备通常工作在 MCS 为 1~7 的速率上,若手机采用 IEEE 802.11n 双天线模式,并且无线 AP 上开



启了 IGMP snooping 功能,则设备无法从空口抓取数据信息,导致配置失败。

4.2 其他方案

(1)WPS 方式

通过手机 App 方式触发,使无线 AP 进入 WPS 模式,智能家居终端通过按键触发,参与 WPS 连接过程,如图 3 所示。

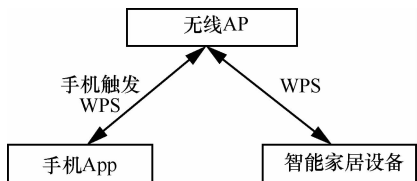


图 3 WPS 方式的无线快速连接方案

该方案需要无线 AP 支持 WPS 功能,并且手机 App 与无线 AP 之间需有交互协议支持 WPS 软按钮触发;另外,智能家居终端同时也要支持 WPS 连接功能,并可通过按钮触发启动。

(2)Wi-Fi 直联方式

在手机或 Pad 上启动 Wi-Fi 直联(direct),与智能家居终端建立连接,通过专用的客户端程序向智能家居终端传递 SSID 和密码信息,智能家居终端收到后,使用该参数向无线 AP 发起 Wi-Fi 连接,如图 4 所示。

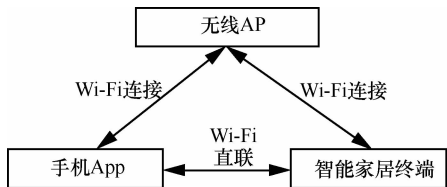


图 4 Wi-Fi 直联方式的无线快速连接方案

该方案需要手机或 Pad 支持 Wi-Fi 直联功能,并可通过 App 程序调用此功能;智能家居终端同步也需要支持 Wi-Fi 直联功能,并可通过按钮触发启动。

(3)证书认证方式

智能终端启动,通过 Wi-Fi beacon 交互,将预先植入

的证书信息发送给无线 AP,无线 AP 将证书提交云服务器进行认证,认证通过后允许该智能家居终端 Wi-Fi 接入,如图 5 所示。

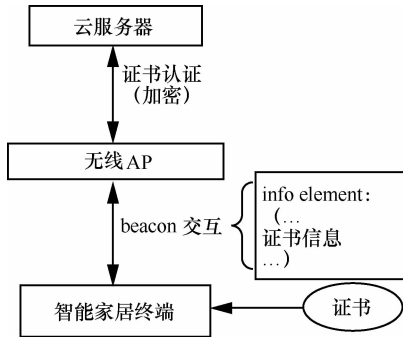


图 5 证书认证方式的无线快速连接方案

该方案需要无线 AP 对其 Wi-Fi 模块进行修改,在 IEEE 802.11 协议扩展支持证书信息,并且在云服务器侧部署证书认证能力;智能家居终端同样需要扩展支持证书信息,并在终端出厂时预置证书。

4.3 方案的对比分析

经过上述分析配合实验室的功能验证测试,无线快速连接方案对比结果见表 4。

这些方案各有优缺点,无法严格评价高低,但用户体验需作为首要考虑因素,除此之外,作为参与智能家居的产业链各方,需要对开发改造点、协议标准性、成功率以及连接时间等进行综合考虑,选择适合自身的方案。

5 优化的无线快速连接方案

通过以上对各种无线快速连接技术方案的研究和分析,对于提供宽带服务的运营商而言,要兼顾到市场上各种智能家居产品,需另外考虑产品的通用性。基于此,大致有两种策略可以选择:一是在自身智能家居应用客户端中集成各芯片及模组厂商的无线快速连接技术;二是基于标准协议方案扩展,通过推广和引导获取智能家居终端厂商的支持。

表 4 无线快速连接方案对比一览

方案	开发改造点			协议标准性	成功率	连接时间/s	关键难点
	AP	手机	终端				
多播方式		✓	✓	私有	80%	10~30	需支持多芯片
广播方式		✓	✓	私有	70%	30~60	需支持多芯片,成功率不高
WPS	✓	✓	✓	标准	99%	20~30	AP 未必都支持 WPS
Wi-Fi 直联		✓	✓	标准	99%	10~20	手机及终端支持 Wi-Fi 直联
证书方式	✓		✓	私有	99%	<10	需修改 Wi-Fi 模块,推广难

对于第一种策略,运营商需要逐一与各芯片、模组以及设备厂商进行合作,将对方的无线快速连接 SDK 逐一整合至智能家居应用客户端中,这将会导致开发周期较长、客户端体积大、方案自动适配以及商务合作困难等诸多问题,而带来的优点也十分明显,即支持的完备性。整体来看还是弊大于利,可行性不高。

考虑到运营商在推广宽带时已在现网部署了千万级的家庭网关设备,家庭网关本身就是一个无线 AP,且支持基本的 Wi-Fi 功能,可以说家庭网关是运营商开展智能家居业务的一大优势,因此应选择第二种策略,重点研究基于家庭网关及无线标准协议的无线快速连接技术。基于 WPS 的方案应为最合适的选择:一是家庭网关已具有 WPS 能力,可通过远程升级开启该功能;二是智能家居设备的 Wi-Fi 对 WPS 具有一定支持程度;三是方案对家庭网关及智能家居设备提出的改造要求较小。

为此设计了基于 WPS 的无线快速连接的技术方案。

如图 6 所示,手机在家庭网关的 Wi-Fi 网络内,通过 App 向家庭网关发送指令,启动家庭网关 WPS 功能;然后按下新增智能家居设备的 WPS 按键,由家庭网关与设备进行 WPS 双向交互,实现 Wi-Fi 自动配置,完成后智能家居设备连接到家庭网关的 Wi-Fi 网络,在此过程中可通过手机 App 跟踪连接过程并及时更新 WPS 配置连接状态;最后,手机与新增的智能家居设备进行消息交互。家庭网关、手机客户端、智能家居设备需具备以下功能或能力。

- 家庭网关:支持 WPS 功能,可通过手机客户端启动 WPS PBC 操作;支持通过手机客户端查询 WPS 自动配置状态,支持通过客户端中止 WPS 操作;考虑到安全性问题,应关闭 WPS PIN 验证方式。
- 手机客户端:与家庭网关建立指令连接通道,传递交互指令,并可及时在 UI 界面上更新操作执行的信息反馈。增加基于 SSDP 的设备发现流程和数据

接口,并可周期性地发送多播指令 SSDP 报文。

- 智能家居设备:支持 WPS 功能,可通过硬件按钮触发 WPS PBC 功能。当完成与家庭网关的 Wi-Fi 连接后,能接收来自手机端的多播信息,并主动完成设备信息(包括类型、名称、厂商、序列号、IP 地址、其他设备辅助信息等)的上报。

为实现上述功能,还需要制定两个接口协议。

- 手机客户端与家庭网关之间的接口:基于 HTTP,包括开启 WPS、查询 WPS 状态、关闭 WPS 3 个基本的接口功能。
- 手机客户端与智能家居设备之间的接口:通过 UPNP 中基于 SSDP 的 M-Search 消息实现设备查询请求;智能家居设备向手机上报设备信息的响应消息。

6 结束语

基于本技术方案,选择市场上几款智能家居单品(包括智能家居网关、Wi-Fi 音箱、摄像头等)进行了原型实现和实验室测试。经过测试,无线连接所需时间为 10~20 s,连接成功率几乎为 100%,明显优于基于多播或广播的 Wi-Fi 一键配置技术,原型系统的功能已达到可商用的水平,可在现有网络情况下进行进一步的试点和推广应用。

综上所述,无线快速连接是智能家居设备接入网络的第一步。为此业界研究并推出了多种技术方案,经过实际测试和分析,这些方案均有各自的特点和适用场景。参与智能家居的产业链各方应以用户体验为首要考虑因素,对开发改造点、协议标准性、成功率以及连接时间等进行综合考虑,根据自身资源优势选择合适的技术方案。而对于宽带服务运营商,则应重点结合现网已有的家庭网关优势,以标准协议为基础来制定无线快速连接方案,基于智慧家庭来应用和推广无线快速连接技术标准,不断跟踪技术演进并进一步优化技术,最终为用户提供更好的智能家居体验。

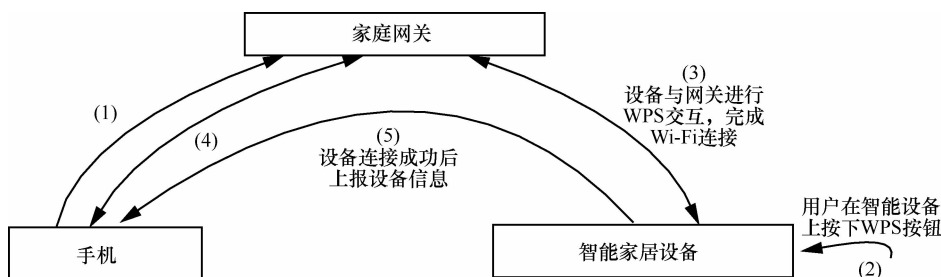


图 6 基于 WPS 快速连接方案系统组网与流程



参考文献

- 1 Wi-Fi Protected Setup Specification(v1.0), 2006
- 2 Wi-Fi Peer-to-Peer (P2P) Technical Specification Version1.2, 2011
- 3 朱欣颖, 陈曦. 基于 Wi-Fi 智能家居控制系统的设计. 智能计算机与应用, 2014(6): 80~82
Zhu X Y, Chen X. The design of intelligent home control system based on Wi-Fi. Intelligent Computer and Applications, 2014(6): 80~82
- 4 孟晓丽. 浅析基于 WiFi 的智能家居系统. 电子制作, 2015(7)
Meng X L. A brief analysis on smart home system based on Wi-Fi. Practical Electronics, 2015(7)

[作者简介]



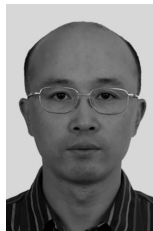
应闻达,男,现就职于中国电信股份有限公司上海研究院,主要从事家庭网络、移动互联网融合通信、智能家居等领域的技术研究和产品开发工作。



徐龙杰,男,中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师,主要从事智慧家庭、无线通信技术、固定移动网络融合方面的研究工作。



郭涛,男,中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师,主要从事家庭网络、宽带接入、智能家居平台等领域的技术研究和产品开发工作。



马智勇,男,中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师,主要研究方向为家庭宽带网络、业务与接入终端、互联与组网技术、ITU-T 和 Broadband Forum 的国际标准化。