

# 2021·键智联

## 智能家电配网技术白皮书

美的IoT

## 目录

序言 .....	0
背 景 .....	0
1 智能家电用户配网体验 .....	1
1.1 配网方式的变化 .....	1
1.2 智能家电用户配网各环节痛点分析 .....	1
2 提升配网体验的挑战 .....	3
2.1 设备配网体验的提升 .....	3
2.2 配网安全性挑战 .....	4
2.3 用户配网体验的统一 .....	5
3 “一键智联”开放解决方案 .....	5
3.1 “一键智联”技术框架 .....	5
3.2 设备发现技术方案 .....	6
3.3 设备联网技术方案 .....	6
3.4 配网安全方案 .....	8
3.5 “一键智联”实施案例 .....	9
4 “一键智联”测试平台 .....	10
4.1 标准化测试流程设置 .....	10
4.2 “一键智联”产品验证及测试方案 .....	11
5 总结与展望 .....	12

## 序言

物联网的核心是连接物和物，然后通过连接物来触达物后面的人，因此必须把连接的问题解决好，后面的一切才有可能。智能家居是物联网的主要应用行业之一，近年来智能家居持续火爆，但消费者的反映却褒贬不一，其中一个主要痛点就是设备连接问题，要么连不上，要么老掉线，要么操作烦，用户体验很不好，用户希望智能家居能像手机一样，开机即联网。

现阶段连接的问题主要有几方面：一、各厂商之间，各品类之间的互联互通不成熟，导致开发者花费过多的时间去重复开发，以适配不同的设备。二、基础联网体验差，联网是开启智能家居生活的关键一步，但这一步的复杂程度严重阻碍了用户使用智能家居。三、隐私安全问题，用户对隐私及安全重视程度日益增强，如何既能提供便捷的用户体验又能保证连接的安全，一直是业界重大研究课题。

美的 IoT 自建立以来，秉承用户体验第一的价值观，致力于为消费者实现“智慧生活可以更美的”。深刻理解“再美好的畅想，最基本的就是要连接，没有网什么也干不成，物联网没有连起来，其他的一切都无从可谈”。美的 IoT 由陈挺博士带队的智能连接团队，致力于芯片选型、硬件标准化、软件标准化、协议标准化等方面的创新研究和技术突破，并秉持高于行业标准的品质测试和隐私与安全原则。21 年发布了美的 IoT 一键智联协议，能一步到位解决用户智能家电联网问题，并成功应用在华为手机、OPPO 手机、鸿蒙系统上，取得初步的成功。

从标准林立到标准统一，到现在的开源兴起，几十年互联网的发展离不开软件/硬件的标准统一。从 PC 互联网时代到移动互联网时代，分工合作、协作共赢是互联网发展的主旋律。到现在的万物互联时代，这个主旋律依然不变，智能家居未来也一定是合作共赢的。美的 IoT 致力打造一个多场景、多入口、多应用的物联网生态平台，希望通过开放一键智联协议，解决用户智能家电联网问题的痛点，为智能家居的发展添砖加瓦，同时也希望行业同仁都能共同参与，合作共赢。

## 背景

近年来，随着以 5G 为代表的通信网络基础设施的快速发展，固定宽带已覆盖全国近 90% 的家庭（根据 2021 全国人口普查和三大运营商 2021Q1 财报数据计算）。同时，伴随移动互联网和 AIoT 各项技术突破和应用推广，越来越多的传统设备通过搭载物联网模块接入互联网和物联网平台，为用户提供更丰富的智慧生活体验。据 IDC 预测，2021 年智能家居全年出货量将接近 2.6 亿台。

与智能手机一样，现阶段智能家居设备主要通过 Wi-Fi 方式接入互联网，并通过手机 APP、音箱等实现对智能家电的远程控制、智能场景配置及维护管理。但与智能手机不同，大多数智能家电目前没有能让用户选择 Wi-Fi 网络并输入密码的屏幕。因此，配置缺少屏幕的设备接入家庭 Wi-Fi 网络（以下简称“配网”），是让智能家居能快速普及的第一步。该环节体验的“好”与“坏”，例如所用时长、操作便利性等，将直接影响用户对智能家电产品的第一印象。

用户良好的配网体验主要体现在以下三个方面：

- ✧ 主动发现设备：设备上电主动找人，自动弹窗提示，减少用户在选择设备环节的学习成本；
- ✧ 简化配置操作：减少用户在配网过程中的输入 Wi-Fi 信息，减少 Wi-Fi 密码的输入错误；
- ✧ 保护安全隐私：确保用户隐私和智能家电使用安全，例如设备只能被合法用户控制。

除了手机外，路由器、网关、音箱，甚至其他智能设备，陆续成为配置工作。各智能家居厂家也在持续研究和实践新配网技术，以提升用户配网体验。各厂商均推出了各自的配网方案和协议，但却互不兼容。例如，在手机（APP）/路由/音箱厂商与设备厂商进行合作时，将不可避免地面临需要一方集成另一方的配网协议，或者双方相互集成。随着跨界合作逐渐扩大，配网协议的差异，不仅导致用户体验的不一致，而且造成了物联网的碎片化，虽有万物却难互联。

美的认为，真正面向万物互联的配网协议应该是开放的、互通的，能让家电、手机、音箱、路由等充分发挥自身优势，共同提升用户体验，真正实现设备间系统级的“相互发现”、“相互配置”，将更多用户从以往繁杂易错的配网操作中释放。

## 1 智能家电用户配网体验

### 1.1 配网方式的变化

“配网”的基本原理是，向等待接入互联网的设备提供需要连接的 Wi-Fi 网络名称和密码，以便设备内的 Wi-Fi 模块可以连接至指定的 Wi-Fi 网络，进而通过因特网接入目标服务器。目前主流的配网主要分为 AP 配网、快联配网，蓝牙配网，NFC 配网和“一键智联”，各配网方式的成熟时间如图 1 所示。

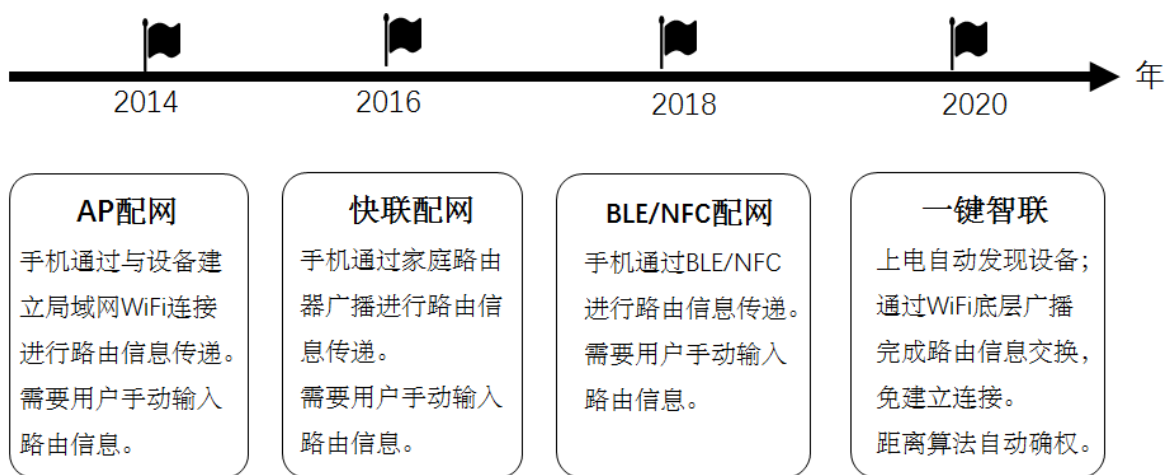


图 1 设备配网发展历程

### 1.2 智能家电用户配网各环节痛点分析

一般而言，智能家电配网过程，可简单抽象为三步：设备发现，配置联网、确认权属。

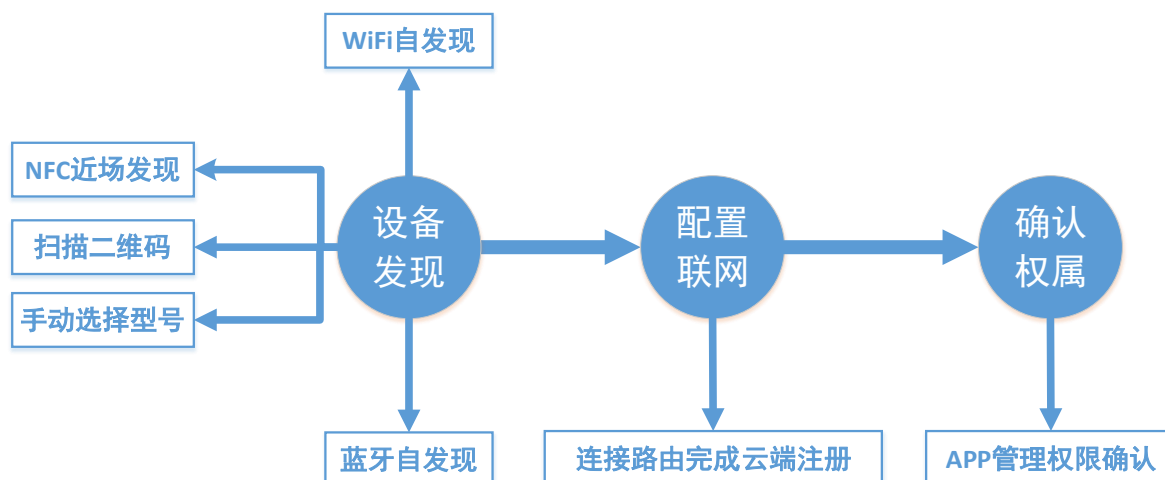


图 2 家电配网过程各环节示意图

其中设备发现为手机等终端获取智能家电信息的过程；配置联网为智能家电获取配网信息，连接路由及云服务器的过程；确认归属为确认用户是否对智能家电享有控制权的过程。站在用户的立场，良好的配网体验是核心诉求，目前配网的三个环节主要存在以下痛点：

### 1.2.1 设备发现环节

目前，智能家电主要采用的设备发现方式包括手动选择型号、扫描二维码、NFC 近场发现、Wi-Fi 自发现、蓝牙自发现，这些方案特点的简单对比可以参考表 1：

设备发现方式	优势	劣势	应用场景
手动选择型号	实现简单	操作复杂，用户学习成本高	AP 配网、快联、蓝牙配网
扫描家电二维码	操作比较简单，学习成本低	需要贴二维码，用户容易扫错二维码	AP 配网、快联、蓝牙配网
NFC 近场发现	操作简单，安全性高	额外成本高，需要近距离接触	NFC 配网
Wi-Fi 自发现	操作简单	/	AP 配网
蓝牙自发现	操作简单	需要打开手机蓝牙、增加蓝牙成本	蓝牙配网

表 1 不同设备发现方式对比分析

手动选择型号的方式需要用户通过手机 APP 准确选择设备的型号，需要用户对家电设备型号比较了解，操作复杂，对用户自身要求较高，用户一旦选择错误，设备无法被发现。

通过扫描二维码发现设备需要在家电设备上粘贴额外的家电二维码，随着家电二维码种类和数量的增多，用户扫错二维码的概率也大大增加，另外家电二维码存在张贴过多影响设备美观，随着家电使用时间变长，二维码沾染污渍会导致扫码失败。

NFC 近场发现需要张贴 NFC 标签，同样存在二维码的相关问题，此外，NFC 触碰要求用户靠近设备 10-20cm 以内，对于类似“壁挂式”空调、盆下净水器等难以近距离接触的家电，用户体验较差。

Wi-Fi 自发现和蓝牙自发现也是目前主要用的设备发现方法，智能家电设备主动广播设备信息，手机自动发现设备并弹窗提示用户，操作比较简单。蓝牙自发现需要家电支持蓝牙功能，并且手机需要打开蓝牙功能才能发现设备。

以上的设备发现方式，在实践中均依赖于家电和手机/APP/音箱等使用相同的发现协议。而智能家居厂商在发展过程中，采用的均是私有格式，不同厂商之间相互不兼容。如果一个家庭购买

多个厂商（平台）的家电，往往则需要安装多个 APP，需要手动选择正确的入口才能发现设备，这对于用户来说是一件繁琐却又无奈的事情。

### 1.2.2 配置联网环节

智能家电设备在联网的时候需要获取家庭 Wi-Fi 网络的名称和密码等信息。对于目前的家电配网方式来说，通常需要用户在手机 APP 页面上输入家庭 Wi-Fi 信息，手机建立和智能家电的连接之后将配网信息传递给智能家电。这一过程对于用户来说是比较复杂的，并且容易出现错误，在实践中许多用户无法准确记得 Wi-Fi 密码。一旦配置了错误 Wi-Fi 信息，智能设备将无法联网成功。而由于设备在连接路由过程中，已经与 APP 断开连接，APP 无法获取失败原因并提示用户修正，导致联网成功率降低，进而降低了用户使用智能产品的意愿。

### 1.2.3 确认权属环节

近年来，用户对于家电安全和隐私越来越重视，如何确认设备的归属权，防止这些家电设备错误地被非授权用户配网和控制，成为家电配网的一项重要内容。

为解决智能家电配网的上述问题，智能家居行业先后出现了“前确权”、“后确权”等对智能家电用户个人隐私、设备归属以及操控权限确认的保护措施。“前确权”需要用户在对家电配网之前，对设备所有权进行确认（比如按键操作）。“后确权”需要用户在对家电配网完成之后，对设备所有权进行确认（比如按键操作）。这两种方式通常都需要用户去操作家电上的确权按键，由于不同家电设备的按键并不统一，对于用户来说操作比较复杂。

## 2 提升配网体验的挑战

### 2.1 设备配网体验的提升

随着智能家电各配网技术方案的发展与成熟，市场和用户对设备的联网体验提出了更高的要求，具体表现在配网操作简化、配网速度提升，联网成功率提升。这三个环节的优化，分别面临着不同的挑战。

#### 2.1.1 配网操作简化

目前主流的手机配网，均需要用户在联网前手动在APP上选定正确的设备（型号），选择Wi-Fi网络并输入密码。在很多时候，还需要用户手动操作按键，以触发设备上的Wi-Fi热点或蓝牙广播，以便可以建立手机与设备间的连接通道。上述操作比较耗时并且容易出错，容易降低用户，尤其是大多数不具备足够专业知识的用户的配网意愿。针对界面各异的不同类型设备，如何设计统一、简便、准确率高的配网方案，是一直以来的行业挑战。

### 2.1.2 配网速度提升

配网的另一核心体验是速度。除了配网操作复杂导致耗时变长外，每个配网环节的快速实施，都有助于用户建立对自身操作的信心，和对智能家居的信赖，这一点对于首次使用智能家电的用户尤为重要。这对配网协议每次交互的制定以及芯片计算的优化等细节，都提出了更高的要求。

### 2.1.3 配网成功率提升

在配网成功率上，除了优化用户交互信息，防止手机发送错误的配网信息外，还必须考虑在联网失败的情况下可以提示相关的错误信息和明确的下一步操作指引。如何在联网失败的情况下智能将家电错误信息发送给手机，并在手机端显示，以及时进行修正，从而提升配网成功率，也是需要攻克的难关。

## 2.2 配网安全性挑战

安全性依然是物联网行业的一个重要课题。一套可靠、便捷的配网安全方案，主要从两方面去考虑：配网过程中敏感数据的安全加密，联网成功前后确权方案的制定。

### 2.2.1 敏感数据的安全加密

配网过程中涉及到家电设备信息，路由信息等敏感信息交互，为了防止这些敏感信息被窃取，需要建立一套安全有效的数据加密流程，此加密流程既要保证敏感数据不易被解密获取，也要保证数据不会被仿冒篡改，还要保证加解密流程简洁快速，这对于安全协议的制定提出了较高的要求。

### 2.2.2 确权方案的制定



除了配网数据本身加密算法不断改进优化之外，也需要关注家电的归属权和防邻居误配误操作的风险，这就需要制定有效的确权方案，配网距离在安全距离以外需要用户进行确权操作，配网距离在安全距离以内可以免除确权操作，从而减少用户的操作步骤。如何确定配网距离，这依赖于更加精准稳定的人（终端）、家电、路由相对位置判断识别算法、更加有效的室内定位技术。

## 2.3 用户配网体验的统一

目前的各品牌的智能家电设备厂商仍然各自为营，有一套独立的协议标准，平台、手机、音箱厂商又基于各自特点，制定了不同的设备描述规则，发现规则和配置流程，具体操作各异，导致碎片化的用户配网体验。

统一、开放、安全、便捷的配网方案，有利于加速整个智能家居的发展，不论对于用户，还是对于各智能家居设备提供商或平台服务商，都具有重大意义。当然，这其中的挑战不言而喻，需要在保留各厂商独有产品特色的基础上，尽可能简化和标准化配网的基础过程。

## 3 “一键智联” 开放解决方案

### 3.1 “一键智联” 技术框架

美的“一键智联”技术解决方案的基本过程，以手机通过Wi-Fi配置家电为例，如图3所示：



图3. 美的“一键智联”无感配网通信架构示意图

该流程主要实现的功能包括：

- 1、家电设备上电后进入配网模式，开始广播Wi-Fi信标帧，该信标帧携带支持“一键智联”标识的自定义字段；智能手机识别到支持“一键智联”的Wi-Fi信标帧，通过距离算法判断用户与设备的距离满足发现条件，此时，若手机在熄屏状态下，以消息形式通知用户；若在解锁状态下，则以弹窗形式提醒用户发现智能家电；
- 2、用户点击弹窗的相关按键，确认添加家电设备后，手机和智能家电之间通过探测请求帧和探测响应帧传递联网所需信息；
- 3、智能设备根据管理帧中自定义字段的Wi-Fi路由器名称、密码、信道等参数信息，成功连接家庭Wi-Fi路由器；
- 4、连接路由器成功之后，智能家电开始接入物联网平台，即设备在云端服务器的注册登记，完成设备联网；
- 5、智能家电联网成功后，手机可以从云平台端发现已联网的设备，完成绑定与控制。

### 3.2 设备发现技术方案

“一键智联”配网技术采用链路层管理帧的交互方式，基于 Wi-Fi 标准协议，扩展自定义 Wi-Fi 广播信标帧，携带智能家电设备信息。区别于以前的用户通过家电按键触发 AP 热点进入配网状态的处理逻辑，“一键智联”家电上电即广播自身的信标帧，无需用户操作，手机可以快速发现智能家电设备，并提示用户进行联网。目前各大智能家电厂商都有一套独立的协议，不同品牌的智能家电协议无法做到兼容统一；而“一键智联”配网方案通过统一的标准协议方法扩展自定义 Wi-Fi 广播信标帧，手机只要根据标准协议对广播信标帧进行解析，即可获取智能家电的基本设备信息，例如：品牌、型号等。

此外，之前的设备发现方式大多需要家电厂商开发一个 APP，用户需要打开 APP 才能发现设备，“一键智联”配网支持手机系统层直接发现设备并自动弹窗提示用户，无需用户下载和打开特定 APP，并做到手机在熄屏和解锁的状态下，均可以发现智能家电设备，并提示用户。

### 3.3 设备联网技术方案

“一键智联”在操作步骤的简化，配网速度和成功率的提升方面也做了一些技术改进，具体的技术方案如下：

1、操作方面，手机直接从系统层获取当前连接的路由信息，省去了用户手动填写路由器信息和密码的易错步骤，达到真正的“一键智联”，同时保证了传输的路由信息的准确性。手机在传输路由信息之前会对路由进行预连接和检测，确保传输的路由信息可以成功配网。例如手机在检测到智能家电不支持5GHz频段 Wi-Fi的情况下，会先判断手机当前连接的Wi-Fi是否为5G类型，并智能选择相匹配的2.4GHz频段家庭Wi-Fi网络信息传输给智能家电。

2、速度方面，相比于传统的AP配网方式手机和智能家电需要建立连接进行配网信息交互，“一键智联”基于链路层管理帧的交互方式，手机和智能家电全程无需建立任何连接即可完成数据交互。此外手机可直接传输路由器的信道值，省去了智能家电扫描路由信道时间，达到联网速度提升的效果。

3、成功率方面，除了保证传输路由信息准确无误并且家电可以顺利连接之外，本方案考虑到配网过程中出现异常的情况可以提示用户。例如智能家电扫不到路由信号等异常，手机和智能家电可以通过探测请求帧和探测响应帧同步智能家电的状态信息，手机在家电联网的过程中定时请求家电的状态，家电根据自身当前的实际状态进行回复，例如正在连接路由，正在连接云等，手机实时同步家电设备的联网状态，并提示给用户。当家电联网出现异常，家电更新错误状态信息，并将错误信息传递给手机，手机此时便可以显示智能家电在联网的哪个阶段出现了什么异常，并显示一些提示和修改建议信息让用户进行修改，具体的联网流程图如图4所示。

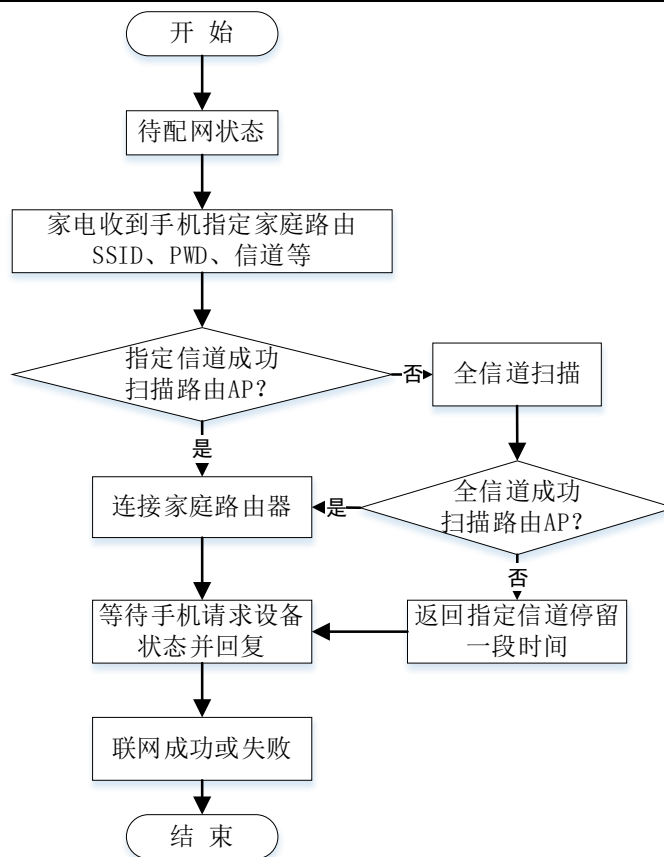


图4. “一键智联”联网流程图

### 3.4 配网安全方案

#### 3.4.1 数据交互加密方案

家电设备信息的广播和联网过程中配网信息的交互均是采用链路层管理帧的方式，如果不对这些信息进行加密处理，那么这些敏感信息可以通过抓包等方式轻松获取，这对于用户隐私的保护是不利的。“一键智联”采用对于敏感信息加密采用安全加密算法，加密的密钥需要在智能家电和手机的数据交互过程中通过协商动态产生，确保每次配网的加密密钥完全随机且不可预测，防止数据信息被仿冒或者篡改。具体的过程如下：

- 1、智能家电上电广播信标帧，自定义字段携带智能家电的设备信息和家电端密钥交换公钥，整个数据段通过加密算法进行加密，加密的密钥可通过初始约定的密钥通过密钥派生算法获得，保证每次派生种子的随机性。

- 2、手机探测到家电的信标帧之后，解析自定义字段，解密获得家电的设备信息和家电端密钥交换公钥。同时产生手机端密钥交换公私钥对，和家电端的公钥通过密钥协商算法获取协商密钥，

运用此协商密钥对路由信息进行加密，将加密的密文和手机端的公钥放置于自定义字段，通过管理帧交互的方式传递给智能家电。

3、智能家电获取到手机端数据信息后，首先获取手机端公钥，和家电端的公钥对一起通过密钥协商算法获取协商密钥，最后通过协商密钥对手机端传输的密文字段进行解密，获取路由信息进行联网。

### 3.4.2 设备确权方案

“一键智联”配网技术，在确权方面采取的是“后确权”+“确权条件智能判断”的机制，首先根据不同的家电品类预设一个安全距离，确保只有此家庭用户才能满足这个安全距离条件，然后根据家电设备的具体型号确定在此安全距离下的接收信号强度（RSSI）门限值，不同品类家电的门限支持差异化配置，并可将此门限 RSSI 值保存于云端。智能家电联网成功之后，云端比较各品类确权门限 RSSI 和用户（手机）当前所在位置接收到家电的 RSSI 值大小，智能预判是否需要确权，再去执行“后确权”或“免确权”动作，这种方法对于非家庭用户可以防止误配误操作的问题，对于本家庭用户手机可以智能提示用户进行靠近，以达到“免确权”的效果。“一键智联”的动态判定方法进一步提升用户的智能家居产品配网体验。

### 3.5 “一键智联”实施案例

“一键智联”无感配网技术方案已在美的物联网模组上完成了开发应用，并已在家电侧落地。同时与知名手机厂商完成了首批合作。设备自发现、自连接、自确权的操作流程如图 5 所示：



图5. 美的“一键智联”实际操作效果图

## 4 “一键智联”测试平台

### 4.1 标准化测试流程设置

1、测试环境搭建如图6所示：

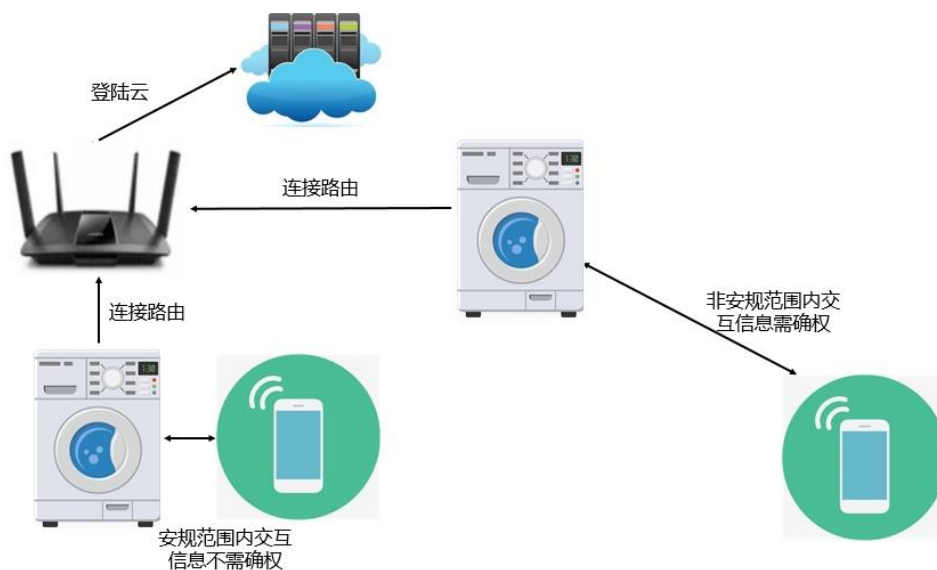


图6. 美的“一键智联”测试环境搭建

- ✧ 设备发出AP Beacon信标帧所在信道信号干扰量满足测试条件；
- ✧ 设备端所处位置接收到待连接路由器信号量满足测试条件。

## 2、测试设备及手机：

- ✧ 测试设备标准：进入待配网状态时发出带AP Beacon信标帧需要符合“一键智联”协议，且能正确解析智能手机发出的配网信息；
- ✧ 测试手机标准：智能手机能识别到待配网设备发出来的“一键智联” AP Beacon信标帧，并且能将正确的配网信息发送给待配网设备。

## 4.2 “一键智联”产品验证及测试方案

在产品验证及测试过程中除了“一键智联”基本功能外也需要覆盖“一键智联”成功率、“一键智连”耗时等测试，“一键快联”是一种提供给用户联网速度更快、成功率更高的联网解决方案，因此它的耗时不能大于12s，成功率不能低于95%。

### 4.2.1 “一键智联”功能验证

产品“一键智联”是否需要确权取决于手机接收到设备发出信号的强度，产品硬件/结构设计差异该信号强度需求存在差异，在产品试做时应收集数据将安规范围设置成一个合理的值。测试时，测试距离覆盖安规范围及非安规范围，排除网络、环境因素，设备“一键智联”成功，通过手机应用程序控制设备，设备响应符合预期，通过手动改变设备状态，手机应用程序能及时根据设备状态、参数改变正确的更新。

### 4.2.2 “一键智联”成功率及时长

测试项目为了验证智能设备被手机发现以及设备能正确解析手机发送过来的SSID及密码的能力。不同型号手机、不同操作系统、不同设备芯片对数据、数据包的处理方式可能存在不同，测试时应尽可能覆盖更多不同型号，不同操作系统版本的手机，在设置路由器参数时也分别从以下几个方面考虑：

- ✧ 路由器信道：2.4G支持信道，5G支持信道；
- ✧ 路由器模式：b, g, n, ac, a/n, ac, an等；
- ✧ 路由器频宽：20MHz, 40MHz, 80MHz、Auto等；



- ✧ 路由器加密方式：OPEN、WEP、WPA、WPA2、WPA3等；
- ✧ 路由器SSID方式：数字、特殊字符、长32字节、隐藏等；
- ✧ 密码方式：数字、特殊字符、长32字节、Open等；
- ✧ 路由器设置：AP隔离、安全设置等；
- ✧ 路由器频段设置：2.4G, 5G, 2.4G/5G混合；

#### 4.2.1 “一键智联”配网时长

从用户确认添加家电设备开始到提示“配网成功”之间的耗时定义为配网时长，“一键智联”跟传统的AP配网方式相比它提供的是一种更快速的配网解决方案，因此配网时长对于“一键智联”而言是很关键的性能指标。测试时尽可能覆盖更多不同型号，不同操作系统版本的手机以及不同的路由器设置。

## 5 总结与展望

美的“一键智联”有效解决了设备型号难以准备识别、配网操作复杂、Wi-Fi 信息容易忘记、配网错误缺少提示、配网耗时太长等问题，具有操作简易、连接速度快、成功率高、安全性强等优点，极大地提升了智能产品的连接体验，可以为个人和家庭带来便捷的生活体验。

该方案保证了基本步骤和信息格式的开放统一，同时也尊重各厂商的多样性和差异性优势。智能家电与智能手机龙头厂商的合作，也用实践证明了该方案的实用性和可推广性。

我们相信，随着智能家居的进一步发展，和不同厂商间加深合作，以“一键智联”为代表的无感配网技术在智能家居行业的应用前景将会更加广阔。我们呼吁，智能家居厂商之间秉持开放心态，共同对该方案加以完善和应用，从而最终形成行业标准。



**编撰人：**

向江旭     美的 IoT 副总裁兼 CTO

陈挺、姚昌松、鲜志雄、叶楚汉、易宇琪、刘亚丽、廖志峰、郭树扬、张莉芸

**出版单位：美的 IoT**