



构建智慧家庭网络的多终端互联技术研究与应用探讨

韩建亭, 万象

(中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122)

摘要:构建家庭内部多终端的互联,是实现家庭智慧化的核心技术基础。从体系化的角度研究了国内外在家庭网络中多终端互联与组网的主流技术,针对应用互联、IP 联网、传感联网控制 3 类技术进行了深入分析,对各种技术的特点进行了对比研究和测评;并从产品化与应用的视角,探讨了构建智慧家庭的家庭网络内多终端互联与组网的技术和产品发展趋势、产品化建议与典型应用。

关键词:智慧家庭;智能终端;家庭网络;应用互联;IP 联网;传感联网

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.05.005

Study and Application of Multi-Terminal Interconnection Technology to Build Smart Home Network

Han Jianting, Wan Xiang

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

Abstract: Family multi-terminal interconnection is the core technology to realize smart home. Mainstream technology of family multi-terminal interconnection and networking at domestic and foreign were analyzed systematically. Through comparing technical characteristics and evaluating technical parameters of various technologies including application interconnection, IP networking and sensor networking, additionally analyzing their current situation and development trending of the industry, products suggestions and typical application of family multi-terminal interconnection and networking technology were proposed.

Key words: smart home, intelligent terminal, home network, application interconnection, IP networking, sensor networking

1 引言

近年来,随着三网融合、光纤宽带覆盖、3G/LTE、智能机顶盒与互联网电视、智能手机终端等技术和产品的快速发展,家庭网络的智能化具备了前所未有的基础和契机。运营商和产业链日益重视智慧家庭的市场,智慧家庭强调以信息化应用引领,围绕家庭网络宽带接入和家庭组网、终端智能化,实现终端的互动与应用分享,提供丰富的智慧家庭应用与服务。主要聚焦的热点应用包括影音娱乐、民生应用、智能家居等,这些应用的前提是家庭网络的组

建和多终端的互联。构建家庭内部多终端的互联,是实现家庭智慧化的核心技术基础。

2 家庭网络技术体系

构建家庭网络的终端包括 3 个层次:

- 以电脑、智能机顶盒、智能电视、移动终端、平板电脑等为代表的 IP 类应用终端;
- 以家庭网关为核心的联网终端;
- 家居自动化、安防监控、能源管理、休闲娱乐、健康医疗等传感控制终端。



近10年来,伴随家庭网络的发展,诞生了诸多的终端组网和应用互联的技术和产业联盟,这些技术交织复杂,隶属于不同的产业链和联盟组织,缺乏统一的组织和规划。将智慧家庭终端组网与互联技术进行了分层归纳总结,如图1所示,技术分为3类,即应用互联技术、IP联网技术、传感联网控制技术。

(1)应用互联技术

应用互联技术是指实现了IP联网后的终端之间进行网络协议识别、媒体传输、设备发现控制管理、应用分享等的互联技术。应用互联技术是实现智慧家庭多终端互动与应用分享的核心技术。国内外诸多标准组织都提出了相关的标准和解决方案。闪联是一个成立于2003年的国内联盟,由联想、TCL、康佳、海信、长城等多家家电厂商共同发起组织,旨在实现信息设备、通信设备、家电设备的智能互联,现已小规模应用在影音互动、办公自动化等领域。同年,索尼、英特尔、微软共同发起成立了DLNA(Digital Living Network Alliance,数字生活网络联盟),该组织从网络互连、网络协议、媒体传输、设备发现控制管理和媒体格式5个方面进行了互联互通的规定,使得数字媒体和内容服务的无限制共享成为可能,主要应用在影音互动(媒体共享、多屏互动)等领域。2012年,Wi-Fi联盟推出了一个点对点无线屏幕镜像标准Miracast,可将PC、平板电脑、智能手机、电视等设备上的音视频实时共享到其他设备上。该标准主要应用于影音互动(镜像投影)中。同年,高通创新中心开发了一套开源软件平台AllJoyn,用以实现与底层传输技术无关的设备发现、配对、消息路由、安全、定

位与点对点信息传输等功能,计划主要应用在影音互动、家居自动化等领域。

(2)IP联网技术

IP联网技术是指在IP类终端之间实现终端IP层次的通联的联网技术。依据传输介质的不同可将IP联网相关标准分为有线组网标准、无线组网标准。家庭组网有线方式可选用的传输介质包括以太网线、同轴线、电力线、电话线等。以太网基于IEEE 802.3协议,其传输信道稳定,可优先用于高清IPTV、视频监控等高带宽业务的组网部署;同轴线传输以DOCSIS和MoCA两个标准为代表,被北美运营商广泛选用,国内家庭基于同轴的接入点数量有限,要实现家庭全覆盖有一定困难;电力插座遍布于家庭各个房间,接入点选择比较灵活,基于电力线的联网标准逐渐成为解决家庭组网问题的补充技术。目前较成熟的电力线联网标准有HomePlug以及可以支持电力线、电话线、同轴线3种介质传输的G.hn技术。HomePlug为产业联盟标准,后被IEEE采用成为IEEE P1901,G.hn为ITU系列标准,是G.9960、G.9961等的统称。家庭组网无线方式视承载业务不同有多种可选技术标准。IEEE 802.11(Wi-Fi)适合向家庭内部提供高带宽无线组网,是各种智能移动终端(手机、Pad等)接入家庭网络的首选。目前主推的Wi-Fi标准有IEEE 802.11n和IEEE 802.11ac,前者主要用于无线上网,后者对于无线高清视频传输更有优势。

(3)传感联网控制技术

传感联网控制技术是指在家庭网络中智能控制终端与多个末梢应用终端之间的联网及控制技术,实现对末梢

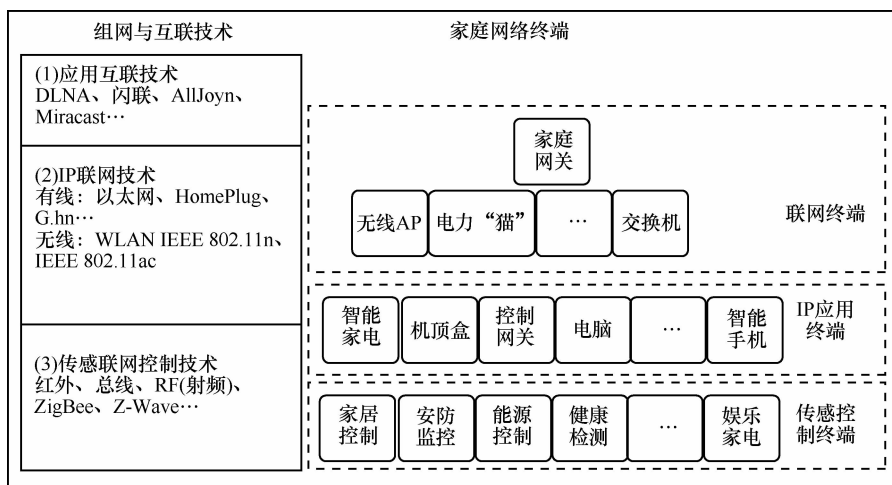


图1 家庭组网及互联技术体系

应用终端的数据采集、控制管理等传感应用。目前,主流的传感联网控制技术包括红外、KNX 总线、RF(射频)、ZigBee、Z-Wave 等。红外由于方向性要求较高、穿透性差且传输距离较短,应用场景受限,主要在家电遥控、红外探测中普遍采用。KNX 总线协议是当前唯一的全球性住宅和楼宇控制标准,广泛应用于智能楼宇和家居自动化等领域,但在实际应用中需要穿墙布线,主要应用在新楼盘的前装市场。因此,RF、ZigBee、Z-Wave 才是值得运营商关注的传感联网控制技术。ZigBee 联盟成立于 2001 年,全球有 400 多个成员(中国区约 40 个),多家厂商(TI、FreeScale、Ember、Marvell)提供芯片。目前 ZigBee 主要应用于工业控制(如能源行业),并逐渐在智能家居领域中占领一定市场。Z-Wave 协议联盟成立于 2005 年,发展至今拥有 250 多个成员(国内约 20 个),其芯片由 Sigma Designs 独家提供。该技术设计之初是为了应用于家庭领域,目前在家居自动化、安防监控、能源管理等均有使用。RF(433/315 MHz)由于其芯片价格低廉,成为国内应用最广泛的传感联网控制技术,主要应用于安防监控、家居自动化等领域,被中国智能家居产业联盟和全国安全防范报警系统标准化技术委员会共同看好。

智慧家庭组网与互联涉及的技术非常繁杂,为了有效实现智慧家庭应用,需对家庭联网及互联技术进行针对性的深入研究,分析和评测这些技术的特点、产业现状,在此基础上,从运营商的视角,提出针对相关产品的发展思路和建议。

3 应用互联技术

随着智能终端的普及,应用互联技术层出不穷,应重点关注和借鉴的应用互联技术包括 DLNA、Miracast 和 AllJoyn 等。

(1) DLNA

DLNA 广泛基于现有成熟的标准,核心特色是实现设备自动发现和媒体内容共享。DLNA 定位于设备发现与内容分享,为家庭内部的共享和增加新的数字媒体和数字内容服务提供一个无缝的环境,是一个基于开放和已确立的行业标准的互操作性平台,制造商可以用这个平台在有线和无线网络中支持媒体共享。从图 2 所示 DLNA 架构可以看出,DLNA 并不开发具体的通信技术和协议,而是选用应用广泛的技术和协议,以实现不同领域设备的互联互通和无缝协同。

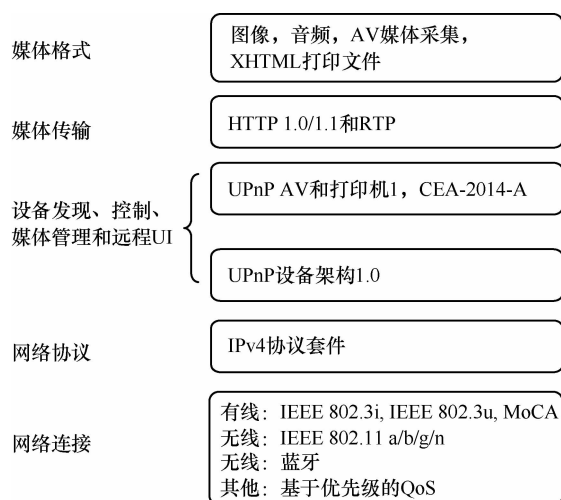


图 2 DLNA 体系架构

(2) Miracast

Miracast 技术的目标是实现视频分享的标准化,其核心特色是屏幕镜像。从图 3 所示的 Miracast 架构可以看出,Miracast 基于 Wi-Fi Direct 方式实现终端互联(无需 AP 参与),基于 WPA2 确保传输数据安全,基于 WMM(Wi-Fi multimedia)提供音视频数据优先级,确保用户体验,通过 WMM 省电模式最小化连接时间,降低能耗,延长工作寿命;此外,在做屏幕镜像时,源端需对要呈现的音视频进行编码,显示端需对音视频进行解码。

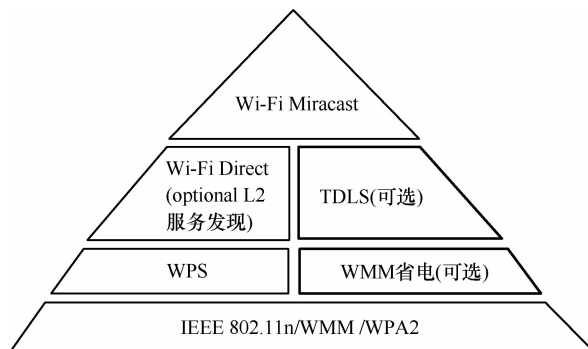


图 3 Miracast 体系架构

(3) AllJoyn

AllJoyn 是开放式软件框架,其核心特色是实现与底层传输技术无关的设备发现、配对、消息路由、操控和安全等。它是一项近距离 P2P 通信技术,是一个开源框架,利用现有的无线技术来进行设备同步。在图 4 所示 AllJoyn 架构中,内核提供设备发现、安全、连接管理、网络管理等基本功能;瘦客户端提供简化的 AllJoyn 协议处理,主要运行在硬件配置和性能比较低的传感设备上;核心服务层提供跨平台的控制、告警、语音等服务;应用层是指基于 API 开

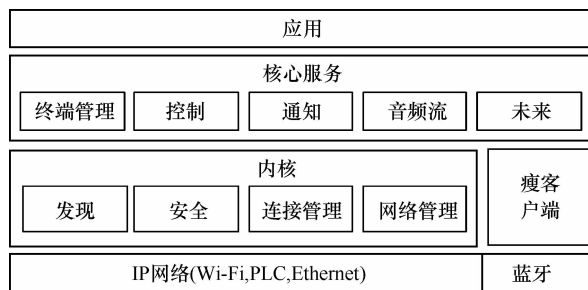


图4 AllJoyn 体系架构

发的 AllJoyn 应用,具有跨平台、与设备无关等特点,支持多种操作系统和编程语言。

针对这3种技术方式,通过表1进行了对比分析。DLNA是适合智慧家庭内部实现多终端设备发现与媒体共享的典型技术方式。由于 AllJoyn 除媒体共享外,还可延伸到智能家居应用,是未来的技术发展方向。

DLNA 普及程度最高,产品目前已覆盖电视、DVD/蓝光播放机、机顶盒、音响、手机、PC、平板电脑、网络存储、数码相机、游戏机等多个领域。网络上有多种基于 DLNA 的应用,包括基于 iOS、Android 和 Windows 等操作系统的多种应用,其中较为成熟的 DLNA 应用包括基于 iOS 的 AirPlay、Air Video 和 iMediashare,基于 Android 的腾讯视频、Skifta、SoftMedia Player Trial 和 Twonky。智能电视逐步都将支持 DLNA 应用,包括小米、乐视的智能终端,智慧家庭定制的智能机顶盒等。Miracast 由 Wi-Fi 联盟认证支持,该技术与认证项目由 Wi-Fi 联盟中的移动与消费性电子设备制造商及芯片厂商共同制定。由于这一技术比较新,支持这一技术的设备并不多,很多智能终端的 Miracast 正在开发中,搭载 Android 4.2 系统的 Android 设备也会支持这一新功能。行业分析者预计 Miracast 认证设备的年产量在未来4年将超过10亿台。AllJoyn 仅 Qualcomm 支持,产

业链接受度有待观察。

随着智能终端的发展,多终端的互动和内容分享在家庭内将会越来越普及,运营商应该以智能机顶盒、家庭网关、智能手机为核心,构建智慧家庭的多屏互动、云应用分享、共享资源等智能应用。多屏互动产品作为智慧家庭应用的填充,能够提升用户的感知体验,在产品管理模式上应该采用移动互联网化的管理模式,包括下载安装、升级、服务等。

4 IP 联网技术

技术层面解决家庭网络的多终端组网问题,可从无线、有线两方面着手,在此,重点分析无线组网技术 IEEE 802.11n、IEEE 802.11ac 和有线组网的电力线联网技术,即 HomePlug 和 G.hn。

(1)无线组网技术

相比 IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac 采用了更高效的数据处理、调制、频宽、MIMO、波束成形等技术,使其物理层数据传输能力显著提高。从表2可以看出, IEEE 802.11ac 在技术特性上明显优于 IEEE 802.11n,但 IEEE 802.11ac 工作在 5 GHz 频段,重点解决的是无线高清视频传输,而 IEEE 801.11n 可在 2.4 GHz、5 GHz 两个频段工作,更多时候是为解决无线上网需求。两者应用场景不同,在短期内,它们既不是竞争性技术,也不是替代性技术。

IEEE 802.11n 技术已经在家用路由器、AP 以及定制的家庭网关中得到普及; IEEE 802.11ac 尚处于草案阶段,各厂商将陆续推出产品。

(2)电力线联网技术

从纯技术角度分析, G.hn 在跨介质传输、理论传输速率、QoS 保障及抗邻居干扰等方面都优于 HomePlug。从表3可以看出, ITU G.9960(G.hn)作为新一代家庭联网标

表1 DLNA、Miracast 和 AllJoyn 技术点的比较

	DLNA	Miracast	AllJoyn
核心特色	跨终端媒体分享与分发	无线屏幕镜像	不同终端的互操作,开源互联框架
典型应用	将手机的照片和视频投送到大屏幕	电视与手机显示相同内容	除媒体共享外,还可延伸到智能家居应用
发起组织	DLNA	Wi-Fi 联盟	Qualcomm
关键技术	HTTP、UPnP、RTP	Wi-Fi Direct、WMM、WPS、WPA2	基于总线的分布式软件架构
媒体格式	图片: JPEG、PNG、GIF、TIFF; 音频: LPCM AAC、AC-3、ATRAC 3plus、mp3、wma9; 视频: MPEG2、MPEG-1、MPEG-4、AVC、wmv9	音频: LPCM AAC、AC-3 视频: H.264(最高1080P, 60Hz)	未定义
连接技术	Wi-Fi、Wi-Fi Direct、以太网、PLC、MoCA	仅 Wi-Fi Direct	Wi-Fi、Wi-Fi Direct、PLC、以太网、蓝牙
技术成熟度	成熟	成熟	开发中

表 2 IEEE 802.11n 和 IEEE 802.11ac 的技术点比较

	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac
典型业务	无线上网	无线上网、无线高清视频
标准进展	2011 年发布	2013 年发布
频段/GHz	2.4、5	5
调制技术	OFDM、BPSK、QPSK、16QAM、64QAM	OFDM、BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、最高 256QAM
信道频宽/MHz	20、40	20、40、80、160
MIMO	1~4 路空间流	1~8 路空间流
MU-MIMO	无	AP 与多个 STA 并发通信
FFT 大小	64、128	64、128、256、512
PHY 速率	最高 600 Mbit/s	多 STA 并发时, 总和速率可高达 6.7 Gbit/s
波束成形	未标准化, 可选	必选, 标准化(显式)
邻居网络干扰减轻	较弱	波束成形

表 3 HomePlug 和 G.hn 的技术点比较

	HomePlug	ITU-T G.hn
标准组织	被 IEEE 采纳为 P1901	ITU 主推
工作介质	电力线	同轴、电力线、电话线
频段/MHz	2~30、2~50	2~25、50、100
调制技术	OFDM	OFDM
MIMO	暂无	2 路
FFT 大小	256 和 512	2 048
FEC	Turbo 码和 LDPC	LDPC
复用技术	CSMA+TDMA, 厂商未实现 TDMA	TDMA+CSMA, 有利于 QoS 保障
物理层速率	200 Mbit/s、500 Mbit/s	250 Mbit/s、500 Mbit/s、1 Gbit/s、1.7 Gbit/s(MIMO)
邻居网络干扰减轻	较弱	功率控制, 信号正交

准, 采用了先进的编码、调制、邻居网络共存技术, 物理层传输速率可达 1 Gbit/s, 应用层速率可达数百兆。而 HomePlug 物理层速率最高只有 500 Mbit/s。HomePlug 与 G.hn 由不同标准组织主推, 两者不兼容不互通, 为竞争性技术。

(3) 实验室测试

由于 IEEE 802.11ac 芯片还在不断成熟和完善中, 还未在实验室对其进行测评。

对 HomePlug 的产品及 G.hn 的样机分别进行实验室

和用户实际环境的测试, 测试结果表明, HomePlug 目前的应用层速率可达 200 Mbit/s; G.hn 芯片在不断成熟和完善中, 在分组大和衰减小的情况下, 物理层速率已超过 700 Mbit/s, 其应用层速率在 420~450 Mbit/s, 均可有效承载高清 ITV 业务。

跨多种传输介质实现家庭组网正逐步成为国际标准发展新方向。目前正在起草讨论的 IEEE P1905 代表了跨多介质组网国际标准的最新进展。P1905 试图通过定义统一的标准接口层, 在支持以太网和电力线组网的基础上还增加了对 Wi-Fi 无线组网的支持, 使跨 Wi-Fi、电力线和以太网的数据传输更加顺畅。

综合考虑技术和产业链可持续发展两方面因素, 建议在 IP 联网技术领域方面, 在智慧家庭业务部署中, 运营商应选择有线和无线相结合的家庭组网方式, 无线以 IEEE 802.11n 为基本方式, 逐步拓展 IEEE 802.11ac 承载高清视频, 有线组网方面以 G.hn 电力线联网进行补充。

5 传感联网控制技术

(1) 互操作性

ZigBee 和 Z-Wave 设备具有良好的互操作性, RF 产品的互操作性最差。运营商关注的主流传感联网控制技术有 RF、ZigBee、Z-Wave, 其协议体系如图 5 所示。

ZigBee 与 Z-Wave 在标准协议栈方面比较接近, 均包括物理层、MAC 层、数据链路层、网络层及应用层。其中, ZigBee 标准在 IEEE 802.15.4 基础上, 重点定义了数据链路层、网络层及应用层配置文件。在 ZigBee 早期版本标准中, ZigBee 应用层配置文件的开放性及芯片厂商的多样性导致不同芯片厂商的同类终端的互通性较差。但随着 ZigBee 配置文件标准的推出, 对后续应用层配置文件中的自定义项进行了规范, 使自定义项在属性描述及命令交互等方面更趋于标准化, 提升了 ZigBee 互通性。而 Z-Wave 标准基于 ITU G.9959, 重点对网络层及应用层进行规范, 并在网络层明确了向上 API, 进而降低了应用开发厂商开发复杂性。Z-Wave 标准在应用层明确规范了设备描述及命令集, 保证了不同设备提供商的产品在应用层能实现较好的互通。而 RF 技术除了在物理层和 ZigBee/Z-Wave 一样都是采用射频媒介传输外, 其他层都是由厂商自定义, 不同厂商的产品互通性极差。此外, ZigBee 和 Z-Wave 联盟通过认证来确保设备互操作性, 而 RF 没有专门的联盟组织推进。

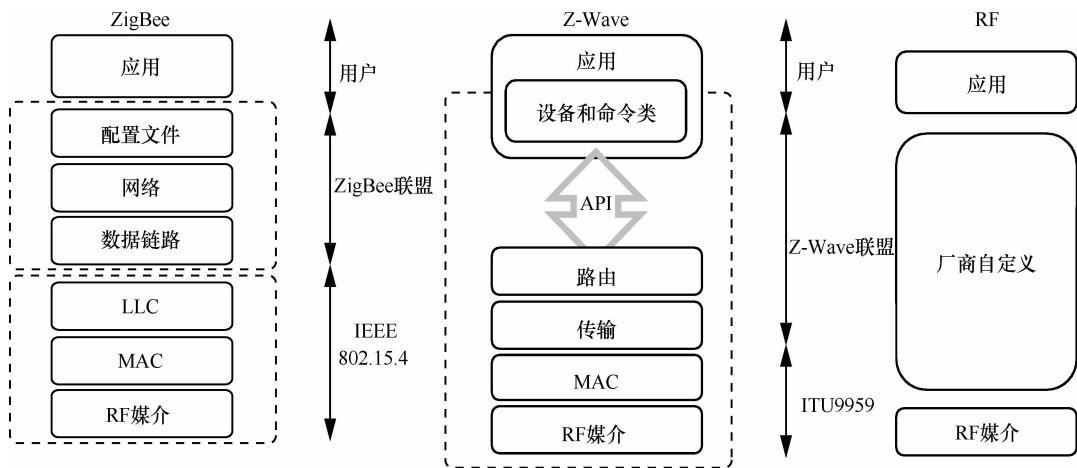


图5 主流传感联网控制技术的协议体系

(2)抗干扰与覆盖性能

RF 抗干扰能力最差,穿透性和覆盖范围方面表现最优,ZigBee 抗干扰能力介于 RF 与 Z-Wave 之间,穿透性和覆盖范围方面表现最差;Z-Wave 抗干扰能力最强,穿透性和覆盖范围方面表现介于 RF 和 ZigBee 之间。

国内支持 RF 的智能家居产品主要使用的工作频段是 315/433 MHz。由于频段被广泛用于车辆监控、遥控、遥测、小型无线网络、身份识别、非接触 RF,加上缺少抗冲突机制,频间及频内干扰严重,因此,RF 的抗干扰能力最差。但其使用的是低频,穿透性最强,无中继传输距离最长。

ZigBee 在国内使用的工作频段是 2.4 GHz,在家庭网络中 Wi-Fi、蓝牙都使用此频段,对其会产生一定程度的干扰。由于使用的是高频,ZigBee 的穿透性最差,无中继传输距离最短。

Z-Wave 在国内使用的工作频段是 868.42 MHz,频段附近不存在对其产生影响的信号,频率介于 RF 和 ZigBee 中间,因此,Z-Wave 的穿透性和无中继传输距离介于 RF 和 ZigBee 之间。

(3)功耗

Z-Wave 从设计之初,就是针对智能家居应用提出的,其功耗较 ZigBee 更低;ZigBee 数据传输速率最高可达 250 kbit/s,而 Z-Wave 通常为 9.6 kbit/s,但足以用于传输智能家居的传感控制指令。ZigBee 和 Z-Wave 功耗虽然都是豪瓦级,但 Z-Wave 的发射功率比 ZigBee 低很多。

(4)实验室测试

通过在实验室对 ZigBee 和 Z-Wave 开发板的实际测试,也进一步验证了上述理论分析结论,具体情况见表 4。

从技术理论分析及实测效果来看,Z-Wave 是智能家居业务的最优传感控制技术选择。

迄今为止,将 IP 引入传感通信网络一直被认为是现实的,因为 IP 对内存和带宽要求较高。基于 IEEE 802.15.4 实现 IPv6 通信的 IETF 6LoWPAN (lowrate wireless personal area network)草案标准的发布有望改变这一局面。6LoWPAN 取得的突破是设计一种非常紧凑、高效的 IP 机制,即将 IPv6 报文压缩并适配在 IEEE 802.15.4 上,不仅消除了以前造成各种专门标准和专有协议的因素,提升了设

表4 传感联网控制技术测试情况

测试项	ZigBee (Marvell)	Z-Wave (Sigma)	说明
发射功率	-8 ~9.5dBm	-22 ~0 dBm	Z-Wave 功耗较低
灵敏度	-101 dBm	-97 dBm	测试结果接近
抗干扰能力	可有效抵抗 ZigBee、Wi-Fi 干扰;蓝牙对其干扰较严重	可有效抵抗 CDMA 信号干扰	Z-Wave 抗干扰能力较强
穿透性	横向:3 dBm+天线可穿两堵墙; 纵向:0 dBm 可穿两层楼板	横向:0 dBm 可穿两堵墙; 纵向:0 dBm 可穿 4 层楼板	Z-Wave 穿透性更优
通信距离	距离:87.6 m,功率:-7 dBm; 距离:102.2 m,功率:-5 dBm	距离:87.6 m,功率:-10 dBm; 距离:102.2 m,功率:-8 dBm	ZigBee 传输距离更远

备的互操作性,同时又保持了专门标准和专有协议的低功耗、自组网、安全性等优点。ZigBee 和 6LoWPAN 在底层都采用 IEEE 802.15.4, ZigBee 新一代智能电网标准中 SEP2.0 已经采用 6LoWPAN 技术,随着美国智能电网的部署,6LoWPAN 将成为事实标准。ZigBee 未来可能全面升级为 6LoWPAN。

低功耗 Wi-Fi、基于电力载波的 G.hnem/HomePlug green PHY 技术在传感网控制领域也逐步得到应用。这些基于 IP 的传感联网控制技术尽管 MAC/PHY 层标准不同,但在可统一的 IP 等协议层之上可实现互通。因芯片尚待开发和完善,相关智能家居应用还未成熟。

基于 IP 的传感联网控制技术是最前沿的技术,拥有良好的互通性,但产业还需要过程。

传感联网控制技术广泛用于当前智能家居产业,不同技术完全不互通。运营商在家庭网络的传感互联技术方面,应基于产业现状,依托非 IP 传感联网控制技术,近期以 RF、Z-Wave、ZigBee 为主。产品服务模式可采用开放平台架构,引入第三方提供服务,构建智能家居应用的应用商店,提供灵活、轻量级且可管可控的业务加载方式(用户自选业务),营造开放共赢的产业生态环境。

6 结束语

构建家庭网络的 3 类技术和终端,在各自不同领域将会得到快速发展并在产品化方面得到普及。运营商应适时在家庭网络的终端开发、产品服务方面及时跟进和引导技术的发展,选取适合的技术以构建开放的智慧家庭平台与开发环境、构建家庭网络内部多 IP 终端的互联方案和服务、开发家庭网络多智能终端的互联应用等。

可以预见未来两三年内,用户家庭内部对终端互联的需求和依赖将会更加凸显,家庭内部的多终端互联、多屏互

动、内容分享、融合通信等将会得到普及;依赖基于传感控制技术的智能家居应用将会得到大众的认同,依托于不同技术的产品也会更加丰富。这些产品带来的应用将会体现智慧家庭的内涵,是运营商应该重点关注和跟进的领域。

参考文献

- 1 敖志刚. 智能家庭网络及其控制技术. 北京: 人民邮电出版社, 2011
- 2 Recommendation ITU-T G.9960. Unified High-Speed Wire-Line Based Home Networking Transceivers-System Architecture and Physical Layer Specification, 2011
- 3 IEEE Standard P1901. IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications, 2010
- 4 IEEE Standard 1905.1. IEEE Standard for a Convergent Digital Home Network for Heterogeneous Technologies, 2013

[作者简介]



韩建亭,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、固网移动融合、移动互联网融合通信等领域的技术研究和产品开发工作。



万象,女,中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师,主要从事宽带终端及业务领域的技术研究及产品开发工作。

(收稿日期:2014-04-23)

(上接第 32 页)



施唯佳,男,中国电信股份有限公司上海研究院高级产品经理,主要研究方向为以三网融合为重点领域的 IPTV、OTT TV 等视讯业务系统、机顶盒终端等方面相关技术及产品研发。



祝谷乔,女,中国电信股份有限公司上海研究院互联网应用部产品开发工程师,主要研究方向为 IPTV 和 OTT 系统技术与产品开发。

(收稿日期:2014-04-15)