



基于 G.hn 的智慧家庭组网关键技术

肖冬娣, 应闻达, 郭涛

(中国电信股份有限公司上海研究院, 上海 200122)

摘 要: 在未来智慧家庭中, 超高速的综合智能组网成为家庭组网的趋势。基于此, 首先分析了 G.hn 协议的调制技术及频宽和目前同轴线缆的频谱使用状况, 然后研究了 G.hn 扩频技术的关键技术, 最后提出了关键技术要点及扩频方向。

关键词: 智能组网; G.hn; 智慧家庭; 扩频

中图分类号: TN915

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017289

Key technologies of smart home network based on G.hn

XIAO Dongdi, YING Wenda, GUO Tao

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

Abstract: In the future smart home, intelligent network high-speed home networking become the trend. Based on this, firstly the modulation and bandwidth of G.hn protocol and the current frequency coaxial cable usage were analyzed. Then the key technology of the G.hn spread spectrum technology was studied. Finally the key points and direction of spread spectrum technology were put forward.

Key words: intelligent networking, G.hn, smart home, spread spectrum

1 引言

G.hn 标准是由国际电信联盟 (ITU) 组织制定的高速有线载波通信协议, 可以支持包括电力线、同轴线、电话线在内的多种金属导线, 并允许多达 250 点的组网。其物理层频宽可以支持 25 MHz、50 MHz、100 MHz 和 200 MHz 模式, 以太网通信速率最高可以达到 2 Gbit/s。此外, G.hn 标准支持 128 位 AES 加密算法, 拥有完善的邻里干扰避让机制, 提供优秀的 QoS 能力, 并通过 OFDM 调制和 LDPC 编码实现强大的抗噪能

力, 这些都可以保证大规模部署时该技术的优越性和可靠性。

G.hn 基带高速稳定的性能, 极低的时延和抖动, 针对运营商级别的 QoS 兼容以及对 TR-069 等远程管理协议的支持, 均满足电信运营商对家庭组网的技术要求及运维要求。

随着超高速的综合智能组网成为家庭组网的趋势, 新型高带宽业务也会对 G.hn 的速率提出更高的要求。针对 G.hn 系统的特点, 提高性能的主要方法则是通过扩频, 尤其是扩展在同轴线上的频谱使用。因此在同轴线上的频谱占用及避让,

会成为提速扩频中的技术规划要点。

针对以上现状,在G.hn提速技术的分析中,需要重点考虑频谱扩展的范围及使用状况。本文分析了目前同轴线缆的频谱使用状况,然后研究了G.hn扩频技术的关键技术,最后提出了关键技术要点及扩频方向。

2 频谱使用状况

在频谱分配政策方面,国家广播电影电视总局各发展阶段所对应的标志性政策文件以及核心政策内容简介见表1。

在有线业务频谱的整体划分方面,其主要包括GB/T 17786-1999《有线电视频率配置》(现行)与GY/T106-1999《有线电视广播系统技术规范》(现行)两个政策文件。在上述两个文件中,主要

针对5 MHz以上的有线频率划分予以相应的明确,并将其划分为若干波段,规定了每个频段的用途,并且全国强制执行。国家关于频段的整体划分如图1所示。

各频段的范围定义与业务说明见表2,各频段的规范说明见表3。

3 提速的关键技术

目前比较成熟的G.hn方案使用的是基带的正交频分复用(OFDM)技术,G.hn采用的调制技术已经接近香农极限(即单位频宽可以承载信息速率的理论极值),因此主要的提速方向是使用更宽的频率范围,即扩频。扩频主要有两个方向,一个是使用更宽的基带频谱,另一个是使用射频端的频谱。

表1 国家在频谱分配方面的相关政策

发展阶段	主要政策文件	政策核心内容
产业化发展	GB/T 17786-1999《有线电视频率配置》(现行) GY/T106-1999《有线电视广播系统技术规范》(现行)	整体上对各个频段的使用模式进行了定义; 确定了以8 MHz作为频率使用单元
数字化改造	《有线数字电视频道配置指导性意见(2003)》 GY/T 180-2001《HFC网络上行传输物理通道技术规范》	数字化改造之后,下行频带(111~958 MHz)的使用细则 数字化改造之后,上行频带(5~65 MHz)的使用细则; NGB的规范出台后,该规范逐步废弃
双向化改造 (NGB启动)、 三网融合	GY/T 265-2012《NGB HINOC接入控制技术规格》 GY/T 266-2012《NGB C-DOCSIS技术规范》 GY/T 269-2013《NGB C-HPAV系统技术规范》	各省新建的面向NGB网高频>750 MHz NGB网络可自主选择遵循其 中的一个标准 面向中低频:下行111~750 MHz/上行0~65 MHz 面向低频0~65 MHz

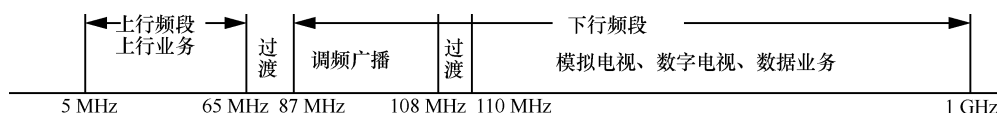


图1 国家关于频段的整体划分

表2 各频段的范围定义与业务说明

波段	频率范围/MHz	业务内容
R	5~65	上行业务
X	65~87	过渡带
VHF (FM)	87~108	广播业务
VHF	110~1 000	模拟电视、数字电视、数据业务
带外	>1 000	带外业务、数据业务



表 3 各频段的规范说明

波段	规范说明
R	用于综合承载各类上行业务，业务用途最多元化，相互干扰最严重
X	用于避免大功率广播信号与上行信号的频率污染留出的隔离带
VHF (FM)	为调频、数据广播（非电视信号）单独预留的专用频段，一般不另做他用，按不小于 400 kHz 的载频间隔配置频率点
VHF	由国家广播电影电视总局相关技术标准与指导文件严格规范使用
带外	有线电视系统频道不使用

(1) 基带扩频技术

目前 G.hn EoC 技术使用的是 0~100 MHz 频带。在保证频带可用的前提下，将频带扩展至 0~200 MHz，甚至更高，可以有效提高吞吐量的理论上限值。当前 G.hn 主流芯片都使用 100 MHz 的频宽，在同轴线上，使用 512 个子载波，子载波间隔为 195.31 kHz。每个子载波最高可以承载 12 bit 的数据，因此经过计算可以得出，其物理层速率上限为 1 Gbit/s。如果使用 0~200 MHz 的频宽，则其物理层速率上限可增至 2 Gbit/s，实际以太网吞吐率可以达到 1.7 Gbit/s。

对于基带扩频技术来说，当频宽扩展为 200 MHz 时，使用子载波数量翻倍，达到 962 个，也因此需要同时提升数字基带芯片 DSP 处理能力、增加 ADC/DAC 采样频率、增加 FFT 点数、优化 AFE 以及 Line Driver。通过这些技术的升级，使得 200 MHz 带宽的 G.hn 同轴线应用的吞吐量达到 100 MHz 的约两倍。

图 2 所示为 100 MHz 和 200 MHz 方案的 G.hn 芯片，分别为 G.hn Wave-1 及 G.hn Wave-2，在吞吐率与衰减图标上的对比。在衰减较小（0~40 dB）时，200 MHz 应用的吞吐率约为 100 MHz 的两倍。

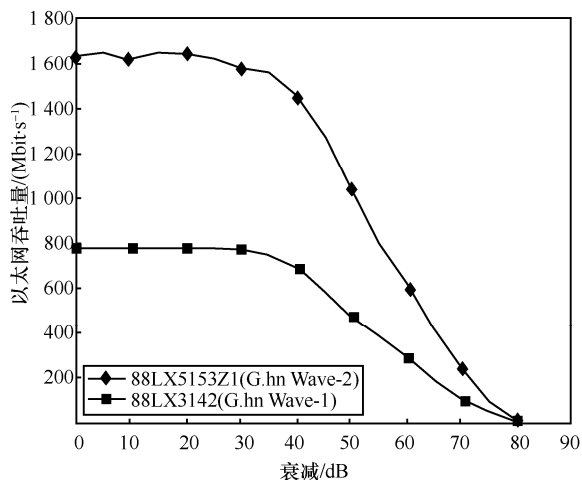


图 2 低衰减下不同频段的吞吐率比较

(2) 射频（RF）调制技术

G.hn 标准除了支持基带的 OFDM 技术外，同时也支持射频端的 OFDM 技术。当基带带宽已经由于某些原因（频带冲突、主管部门规定等）不能被完全使用时，可以通过射频调制，将基带信号在射频端传送。由于射频端的频带资源远大于基带，大量现代的宽带通信协议都使用了射频 OFDM 技术，例如 Wi-Fi、LTE 等。图 3 显示了位于射频端的两个 G.hn 频带的概念，其中心频点分别为 1.2 GHz 和 2.3 GHz。

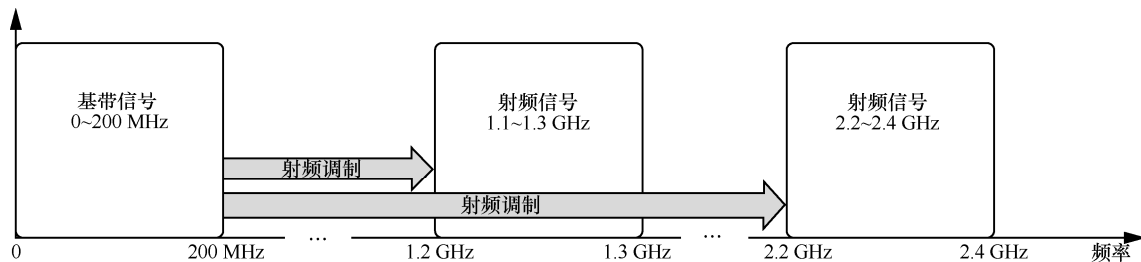


图 3 不同频点的 G.hn 频谱

在射频端的 G.hn 信号,其物理层速率的计算方法与基带相同,即仅取决于其频带的宽度。继续沿用上述例子,中心频点为 2.3 GHz、频宽为 200 MHz 的 G.hn 射频信号,其物理层速率上限同样也是 2 Gbit/s。

使用 G.hn 射频调制技术,其主要难点如下。

- G.hn 基带芯片必需支持输出用于射频调制的复信号。
- G.hn 同轴设备需要增加用于射频调制的外围电路。
- 某些情况下,需要对接收信号通过低噪放大器 (LNA) 进行放大。

图4所示为比较典型的单路 G.hn 射频调制模块。

使用 G.hn 射频技术的另一个好处则是不同中心频点的 G.hn 信号(包括基带和射频)也为正交,

互不干扰。因此同一根同轴线上可以同时传输多路 G.hn 信号。例如,以基带、1.8 GHz、2.0 GHz、2.2 GHz 为中心频点,可以同时承载 4 路 G.hn 信号。假设单路信号频宽为 100 MHz,则单根同轴线的物理层速率上限为 4 Gbit/s。事实上,只要频谱资源存在,并且同轴线质量本身可以支持,通过 G.hn 射频技术进行数据传输,可以根据需求进一步扩大,仅需使用更多的射频频带即可。

图5所示为一个基于多通道 G.hn 基带加射频调制模块。其中,基带 G.hn 主要用于数据上行, B、C、D 射频频段用于数据下行。使用该方案,可以实现理论上 1 Gbit/s 上行+3 Gbit/s 下行。

将来 G.hn 技术可能同时支持 0~1.2 GHz,甚至更高的频宽。在 3~5 年的时间段内, G.hn 技术将会实现从基带到射频的全覆盖,智能频带选择

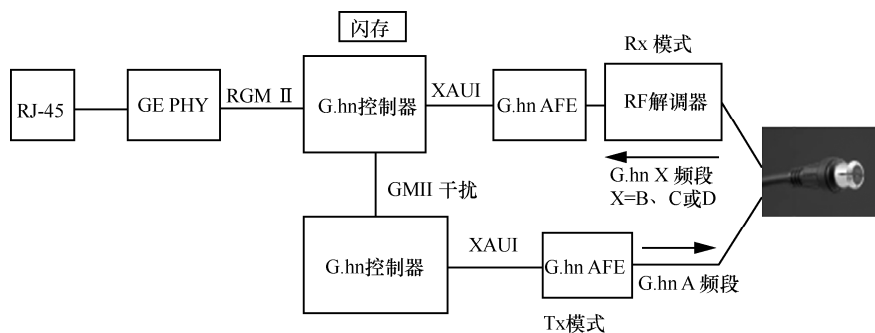


图4 典型的单路 G.hn 射频调制模块

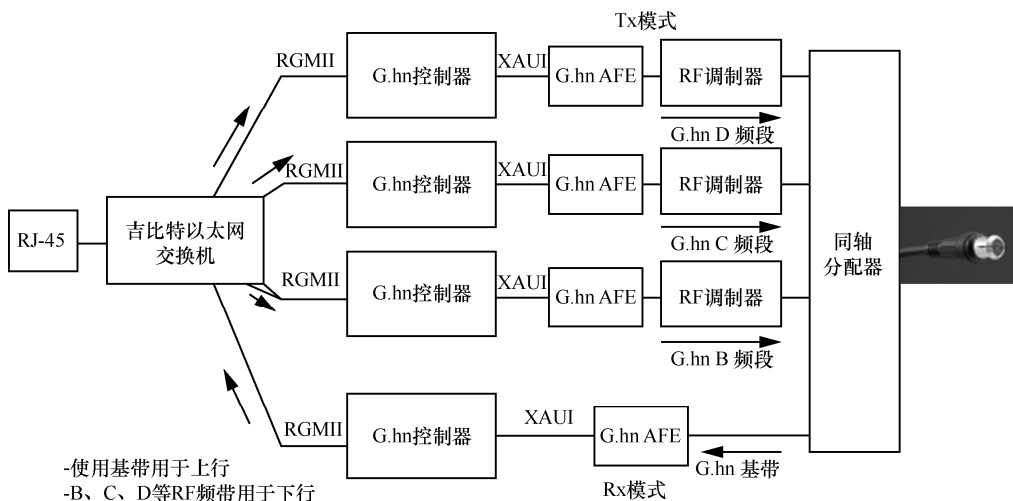


图5 基于多通道 G.hn 基带加射频调制模块



也将成为可能。

4 提速方案

4.1 基带提速方案

基带提速方案，就是使用更宽的基带频带，基带扩频可以由 100 MHz，扩展至 200 MHz 或者 300 MHz 频宽。然而考虑到同轴线频谱的使用，使用更宽的基带频带必需充分评估国家广播电视总局的频谱规划。

(1) 基带 200 MHz 扩频方案

基带 200 MHz 频宽的扩频方案，可以达到预期的吞吐量，相比 100 MHz 技术来说，可以获得两倍的数据率，在考虑到未来家庭 1 Gbit/s 光纤接入的大前提下，可以很好地满足家庭内部组网骨干的角色。

然而，200 MHz 频宽最大的缺点在于其提速的主要频段 100~200 MHz 与有线电视的频谱冲突。根据国家广播电视总局的频谱规划，85~112 MHz 频段规划为数字广播业务；而 112~195 MHz 频段则规划为免费数字电视频道（包括 CCTV-1 等主要频道）。因此当使用 200 MHz 频带时，G.hn 信号将会与数字广播和电视信号产生冲突，并有可能造成广播和电视无法正常收看的后果。

(2) 基带 300 MHz 扩频方案

基带 300 MHz 频宽的扩频方案，可以将有冲突的 85~195 MHz 频段主动避让，而使用更安全的 2~85 MHz 和 195~300 MHz 频段，如图 6 所示。其有效带宽仍然接近 200 MHz，可以提供约 2 Gbit/s 的物理层理论速率。同时，300 MHz 技术的芯片将在 2~3 年后成熟，因此基本与吉比特光纤入户的推广节奏吻合。

与当前方案相比，使用 300 MHz 基带扩频技术的系统约需额外增加 20%~50% 的硬件成本。

4.2 射频提速方案

射频提速方案的基础还是在于使用更宽的

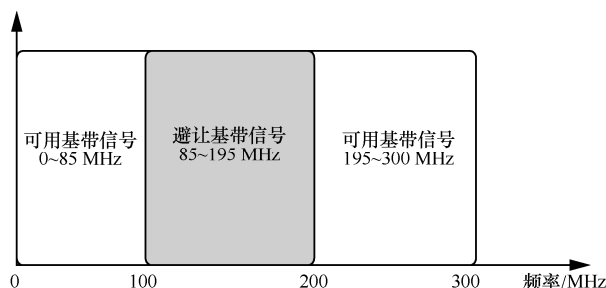


图 6 300 MHz 带宽避让频谱

频带，而且射频资源更为丰富。假设可以在射频找到 200 MHz 宽度的频带，则基本可以实现接近 2 Gbit/s 的以太网吞吐量。因此从性能上来说，射频 200 MHz G.hn 同轴应用，与基带 300 MHz G.hn 同轴应用，大致速率是相同的。

根据国家频谱资源规定及使用情况来看，建议选择 1.2~1.8 GHz 作为 G.hn 射频端的频带，以避免广电广播电视以及移动通信目前使用的频段。考虑到同轴电缆的传输特性，在该范围内，推荐使用频率更低的频段。图 7 所示为一个最基本的中心频点为 1.2 GHz 的 200 MHz G.hn 同轴频段。



图 7 中心频点为 1.2 GHz 的 200 MHz G.hn 应用的频谱

另外，使用 G.hn 射频技术，也可以按照运营商的需求，进行一些独特的定制化设计。比如，可以利用不同的频带实现不同的业务。基带 0~100 MHz 的 G.hn EoC 技术目前已经成熟，可以在短期内同时承载智能电视和 Wi-Fi 覆盖的业务。一旦未来智能电视带宽需求有了新的提升，则可以用射频端的某一个频带（例如 2.1~2.3 GHz）专门承载智能电视业务，同时基带 G.hn 同轴线向后兼容，并承载 Wi-Fi 覆盖和电脑上网业务。G.hn 电力线技术则用于管理智能家庭设备。G.hn 标准对不同介质和基带射频的良好支持，使得跨频带跨媒介的

单标准统一组网成为可能。

4.3 基带超宽频提速方案

根据 ITU 的远景规划, 将来 G.hn 技术可能同时支持 0~1.2 GHz, 甚至更高的频宽。在未来, G.hn 技术将会实现从基带到射频的全覆盖, 智能频带选择也将成为可能。图 8 所示为一个典型的 1.2 GHz 超宽频 G.hn 应用的频谱。

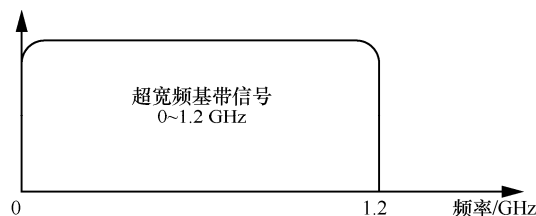


图 8 典型 1.2 GHz 超宽频 G.hn 应用的频谱

通过使用 1.2 GHz 的有效带宽, 其理论物理层带宽将达到 10 Gbit/s。在实际应用时, 可以通过选择该频带内允许使用的频段以及性能较好的频段, 达到高速通信的目的。

5 方案分析及总结

从技术角度出发, 基带和射频的提速方案都是可行的。基带提速方案成本相对较低, 但基带可以自由使用的频率资源稀缺。射频端的频率资源充裕, 长远来看更适合超高速应用的需求。对于技术演进路线来说, 基带与射频的混合使用可能可以更便于技术升级的需要。

根据不同的需求或者应用使用合理的频谱资源, 或者对于不同业务/平面使用不同的频率资源, 都是可选的方向。例如, 当吉比特入户以及 8K 甚至 16K IPTV 普及后, 可以选择用基带承载双向的数据业务, 用射频的一个或几个频段承载下行为主的 IPTV 业务。

短期来说, 目前最快速的选择是基带 200 MHz 方案。但在方案实施中, 避免使用有争议的频段。

中期来说, 无论是基带 300 MHz 方案, 还是射频 200 MHz 方案, 都可以很好地解决吉比特入户前提下的家庭网络互联问题。两者相比之下,

300 MHz 基带方案对芯片设计的要求更高, 而外围电路的成本增加相对有限; 射频 200 MHz 方案则仅需要对现有 200 MHz 基带芯片进行相对小的升级, 但需要额外实现 RF 调制解调电路以实现射频通信。参考业界已有的方案, 射频 200 MHz 方案的可实现性要相对更强, 在应用时由于其频带选择的灵活性, 也更适合我国不同省的不同频带划分的现状。集中方案的对比见表 4。

表 4 不同提速方案的对比

提速方案	成本	性能	政策风险
基带 200 MHz 频宽提速方案	★★	★	★★★★
基带 300 MHz 频宽提速方案	★★★★	★★	★★
射频 200 MHz 频宽提速方案	★★★★	★★★★	★
基带超宽频提速方案	★★★★★	★★★★★	★

远期来说, 基带 1.2 GHz 的 G.hn 协议基本可以解决未来智慧家庭的联网需求, G.hn 提供的最高 10 Gbit/s 的吞吐率, 将使家庭联网的瓶颈完全消失。

6 结束语

随着多路 4K/8K IPTV、VR 应用等高带宽新业务的不断发展, 运营商未来将提供万兆速率的带宽接入, 并提供综合化的高速智能组网服务。因此, G.hn 将从技术上进行扩频提速, 本文结合 G.hn 组网在实施中的频谱规划, 提出了基带及射频的扩频提速方案, 并进行短、中、长期的不同方案比较与建议, 以更好地适应不同阶段的要求。

下一步将围绕 G.hn 扩频提速的规划要点, 进行深入的技术研究, 并进行产品化开发, 与产业链进行广泛合作, 共同促进智慧家庭智能组网技术及业务的发展。

参考文献:

- [1] 韩建亭, 万象. 构建智慧家庭网络的多终端互联技术研究与应用探讨[J]. 电信科学, 2014, 30(5): 33-39.



- HAN J T, WAN X. Study and application of multi-terminal interconnection technology to build smart home network[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(5): 33-39.
- [2] 李俊, 田苑, 邱玉, 等. 面向 5G 应用的 OQAM-OFDM 调制: 原理、技术和挑战[J]. 电信科学, 2016, 32(6): 15-19.
- LI J, TIAN Y, QIU Y, et al. Principles, technologies and challenges of OQAM-OFDM for 5G applications[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(6): 15-19.
- [3] 魏颖琪, 林玮平, 李颖. 物联网智能终端技术研究[J]. 电信科学, 2015, 31(8): 146-152.
- WEI Y Q, LIN W P, LI Y. Study on key technologies of intelligent IoT device[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(8): 146-152.
- [4] 施唯佳, 蒋力, 贾立鼎. OTT TV 和 IPTV 的技术比较分析[J]. 电信科学, 2014, 30(5): 15-19, 26.
- SHI W J, JIANG L, JIA L D. Technique comparative analysis of OTT TV and IPTV[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(5): 15-19, 26.
- [5] 国家广播电影电视总局. 有线数字电视频道配置指导性意见 [EB/OL]. (2010-10-21)[2017-09-13]. <https://wenku.baidu.com/view/54c460ef5ef7ba0d4a733b52.html>.
- State Administration of Radio, Film, and Television. Cable digital TV channel configuration guidance[EB/OL]. (2010-10-21)[2017-09-13]. <https://wenku.baidu.com/view/54c460ef5ef7ba0d4a733b52.html>.
- [6] 国家质量技术监督局. 有线电视频率配置 [EB/OL]. (2000-02-01)[2017-09-13]. <http://www.doc88.com/p-6691808-382440.html>.
- The State Bureau of Quality and Technical Supervision. Cable TV frequency configuration[EB/OL]. (2000-02-01)[2017-09-13]. <http://www.doc88.com/p-6691808382440.html>.
- [7] ITU-T. G.9960 unified high-speed wireline-based home networking transceivers-system architecture and physical lay[S].

2010.

- [8] ITU-T. G.9961 unified high-speed wireline-based home networking transceivers-data link layer specification[S]. 2010.
- [9] ITU-T. G.9963 unified high-speed wireline-based home networking transceivers-multiple input/multiple output specification[S]. 2010.

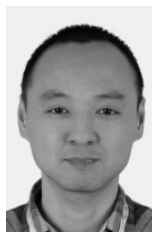
[作者简介]



肖冬娣 (1972-), 女, 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、智能组网、G.hn 技术、智能家居平台等智慧领域的技术研究和产品开发工作。



应闻达 (1979-), 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。



郭涛 (1978-), 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、智能终端、智能家居平台等智慧领域的技术研究和产品开发工作。