



热点 WLAN AP 设备能效及指标评估方法的研究

高波¹, 吴非², 林睿³, 沈成彬¹

(1. 中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122;

2. 电信科学技术第一研究所 上海 200032; 3. 中国电信集团公司 北京 100032)

摘要:随着运营商加大 WLAN 热点建设力度, 现网中大量 AP 设备的节能成为通信行业的一个重要议题。参照我国以及美国、日本、欧盟等国家和地区的现行同类产品评估体系和测试标准, 对无线宽带接入网的热点 AP 设备的能效评估方法和指标要求进行了研究, 采用时长加权的方式建立了 AP 能效评估的模型。另外, 通过对实际设备的能耗测试, 对不同形态、不同工作状态下的功耗情况进行对比分析, 给出了节能的具体建议。

关键词: WLAN; 接入点; 能效; 功耗

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.09.012

Research on Method in Measurement and Parameter of Energy Saving for WLAN Access Point

Gao Bo¹, Wu Fei², Lin Rui³, Shen Chengbin¹

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

2. First Research Institute of Telecom Technology, Shanghai 200032, China;

3. China Telecom Corporation, Beijing 100032, China)

Abstract: As the fast growing of WLAN's access point (AP), reducing power consumption of large amount of AP became an important issue in telecommunication industry. Many similar products test methods and standards in power consumption area which proposed by different nations and organizations were referred. The evaluation method and requirement dictator of AP power consumption were researched. A timing weighted method was used to module the power consumption of the AP. In addition, this research method was used to test quantities equipment under different types and working status of existing network equipment, the advice of energy saving was provided.

Key word: WLAN, AP, energy efficiency, power consumption

1 前言

能源消耗导致了温室效应和一系列的自然灾害, 节能减排已经成为我国当前经济社会发展的一项重要而紧迫的任务。我国通信行业年耗电量已达到 300 亿千瓦时以上, 耗电量不容忽视。通信企业整体仍处于发展阶段, 新兴市场用户的增加以及发达市场带宽的提升必然带来网络的扩容, 导致能耗需求不断扩大。随着用户规模进一步扩

大和业务量迅猛增长, 电信业的耗电量仍将保持较快增长, 能源单价上涨及设备总能耗上升的同时也带来了长期的财务压力。

接入网在通信网络中占有重要的地位, 不仅承担传输各类宽、窄带业务, 而且接入设备的种类也很多, 有些设备部署在用户侧, 需要有明确的能耗指标参数告之用户。热点 AP (access point) 设备作为无线宽带接入网的重要组成部分, 已广泛应用于无线城市建设, 同时作为分流 3G 的有



效手段,已受到各运营商的重视并得到大规模部署。

国家对通信设备节能减排非常重视,中国通信标准化协会(CCSA)已制定了一些接入网设备的节能参数和测试方法标准,如《接入设备节能参数和测试方法 第1部分:ADSL用户端》、《接入设备节能参数和测试方法 VDSL2系统》、《接入设备节能参数和测试方法 GPON系统》、《接入设备节能参数和测试方法 EPON系统》、《接入网设备节能参数和测试方法 第2部分:ADSL局端》、《移动终端设备节能参数和测试方法》、《无绳电话机节能参数和测试方法》等。目前尚未制定 WLAN AP 的能效评估方法和指标要求。建立一套行之有效的 AP 设备能效评估方法和指标要求作为节能减排任务的一部分已刻不容缓。目前国内外尚无关于对热点 AP 设备的能效评估方法的标准或权威研究报告,关于 AP 设备的节能参数和测试方法的相关研究也寥寥无几。本文就热点 AP 的能效评估体系进行了探索,希望得到一套科学的、行之有效的能效评估方法及指标要求。

2 AP 设备能效评估模型

基于运营商目前全面部署 IEEE 802.11n 技术的集中控制型“瘦”AP 设备,本文就以 IEEE 802.11n AP 设备为研究对象进行能效评估研究。将 IEEE 802.11n AP 设备分为如下 5 种类型。

- 设备类型 1——集中控制室内放装型单频 IEEE 802.11n AP。
- 设备类型 2——集中控制室内放装型双频 IEEE 802.11n AP。
- 设备类型 3——集中控制室内分布型 IEEE 802.11n AP。
- 设备类型 4——集中控制室外普通型单频 IEEE 802.11n AP。
- 设备类型 5——集中控制室外回传型双频 IEEE 802.11n AP。

2.1 AP 设备功耗构成

AP 设备主要由核心功能模块、射频模块、局域网(LAN)模块和电源模块这 4 个基本功能模块组成。因此对热点 AP 设备而言,其功耗是基本功能模块以及其他辅助模块(如防雷模块、加热模块)的功耗叠加而成。

对一款集中控制室内放装型双频 IEEE 802.11n AP 的功耗分析,可以看到射频模块的功耗所占比例最大,为近 60%。电源模块、核心功能模块和局域网模块所占的功耗百分比依次降低,具体如图 1 所示。需要特别注意的是,

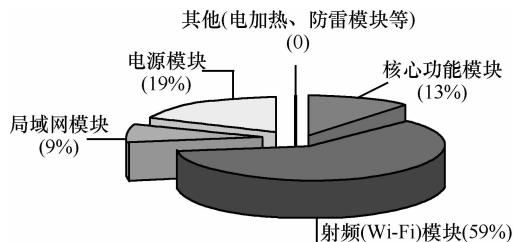


图 1 集中控制室内放装型双频 IEEE 802.11n AP 功耗组成概况

部分室外型热点 AP 由于增加了加热模块的应用,所以也会产生相应的功耗。

2.2 AP 设备工作状态和功率定义

AP 设备分为 3 种工作状态:全功耗功率状态(full-power)、低功耗状态(low-power)、待机状态(standby)。3 种工作状态定义如下。

全功耗功率状态:AP 的射频模块工作在最大功率模式,多用户数据传输的状态。

低功耗状态:AP 的射频模块工作在自适应模式,单用户数据传输的状态。

待机状态:AP 只发射 beacon 帧,没有用户关联的状态。

这 3 种状态对应的 AP 设备功率分别称为全功耗状态功率 $P_{full-power}$ 、低功耗状态功率 $P_{low-power}$ 和待机状态功率 $P_{standby}$ 。

2.3 AP 设备整机功耗

AP 设备在不同的工作状态下会产生不同的功耗,为此需要建立一套 AP 设备整机功耗评估模型,以便对 AP 功耗有一个整体了解。

首先需要获取 3 种工作状态下的功耗,然后对 3 种工作状态下的功耗各分配一定的权重,以得到整机功耗 P_{AP} (单位为 W)。AP 设备整机功耗的计算式如下:

$$P_{AP} = \alpha_1 \times P_{full-power} + \alpha_2 \times P_{low-power} + \alpha_3 \times P_{standby} \quad (1)$$

其中, P_{AP} 是热点 AP 设备整机功耗, $P_{full-power}$ 、 $P_{low-power}$ 及 $P_{standby}$ 分别是 AP 设备处于全功耗、低功耗和待机状态时的 AP 整机功耗。 α_1 、 α_2 和 α_3 分别是全功耗、低功耗和待机状态下 AP 设备功耗的权重值,且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ 。

根据业务部署策略,AP 重点部署在高校、商务楼、机场候机厅、宾馆酒店、医院等公共场所。AP 在不同应用场景下的工作状态时间比例是不同的,对 AP 设备的能效评估需要结合实际使用场景建立模型。将不同应用场景归纳为两种典型的场景模型:以机场候机厅为主的交通枢纽场景、商务楼/高校场景。

(1)交通枢纽场景

通过调研,一般一天 24 h 中,交通枢纽在 9:00–17:30 时间段使用 WLAN 接入的用户最多,流量大,约有 8.5 h 定义为全功耗状态;在凌晨 1:30–5:00,几乎没有用户使用,约有 3.5 h 定义为待机状态,其他时间用户较少,流量较低,约有 12 h 定义为低功耗状态,权重如下:

$$P_{AP}=(0.35\times P_{full-power}+0.5\times P_{low-power}+0.15\times P_{standby}) \quad (2)$$

(2)商务楼/高校场景

通过调研,一般一天 24 h 中,在中午 12:00–14:00 或下午 18:00–19:30 时间段,使用 WLAN 接入的用户最多,流量大,约有 3.5 h 定义为全功耗状态;晚上 22:30–第二天早上 7:00,学校或写字楼几乎没有人,约有 8.5 h 定义为待机状态,其他时间学校或写字楼用户较少,流量较低,约有 12 h 为低功耗状态,权重如下:

$$P_{AP}=(0.15\times P_{full-power}+0.5\times P_{low-power}+0.35\times P_{standby}) \quad (3)$$

据统计,放置于类似交通枢纽场景的热点 AP 占 50%,类似于商务楼/高校场景的热点 AP 占 50%,则可得到综合权重值如下:

$$\alpha_1 = 0.35\times 50\%+0.15\times 50\%=0.25$$

$$\alpha_2 = 0.5\times 50\%+0.5\times 50\%=0.5$$

$$\alpha_3 = 0.15\times 50\%+0.35\times 50\%=0.25$$

综上所述,热点 AP 设备整机功耗计算式如下:

$$P_{AP}=(0.25\times P_{full-power}+0.5\times P_{low-power}+0.25\times P_{standby}) \quad (4)$$

2.4 能效比值

EER_{AP} 是 AP 设备整机能效比值(energy efficiency ratio, EER),定义如下:

$$EER_{AP}=\frac{P_{AP}}{P_{REF}} \quad (5)$$

其中, P_{REF} 是 AP 整机功耗的限定值。在研究评估阶段,根据厂商声明的功耗值,按照不同设备类型经统计处理得到。

在整机功耗限定值的制定过程中,兼顾了差异性和普适性的原则。在调研中发现,针对不同应用模式的 AP 设备在结构和功耗上存在一定的差异,所以将整机功耗限定值按照不同的设备类型分为 5 类;另外,为兼顾研究结果的普遍适用性,在前期样本的选择方面尽可能多地涵盖了行业内的批量供货成品,其中包括了 13 家 WLAN 厂商提供的 5 类主要 AP 设备,选取其中的最大值申明值作为建议限定值。表 1 为 5 种类型 AP 设备整机功耗建议限定值 P_{REF} 。表 1 中各限定值是根据现阶段行业情况而定,随着节

表 1 AP 设备整机功耗建议限定值

设备类型	整机功耗 限定值 $P_{REF}(W)$
集中控制室内放装型单频 IEEE 802.11n AP	14.5
集中控制室内放装型双频 IEEE 802.11n AP	16
集中控制室内分布式 IEEE 802.11n AP	23
集中控制室外普通型单频 IEEE 802.11n AP	28
集中控制室外回传型双频 IEEE 802.11n AP	28.5

能技术的发展,整机功耗限定值也将随之降低。

2.5 能效比值分级

为了更好地引导热点 AP 向节能降耗方向发展,将 AP 设备能效比值分成不同的等级。根据《通信产品节能分级导则》(GB/T 26262–2010)建议,最终得到的能效比值分级的级数应大于或等于 2 级,不应超过 5 级。

建议将 AP 设备分为 5 个能效比值等级。其中:最高等级体现了最佳水平要求,是现阶段的努力目标,目的是促进节能新技术的应用;中间某一等级体现了平均水平要求;最低等级体现了最低水平要求,应逐步淘汰节能技术落后的产品,促进低成本节能技术的普遍应用。

将 AP 能效比值(EER_{AP})按照不同的能效区间划分为 5 个等级。能效比值越小,说明能效利用率越好,能效等级越高。表 2 为定义的 AP 设备能效比值分级。

表 2 AP 设备能效比值分级

能效级别	对应能效指数
1	$EER_{AP} < 0.60$
2	$0.60 \leq EER_{AP} < 0.70$
3	$0.70 \leq EER_{AP} < 0.80$
4	$0.80 \leq EER_{AP} < 0.90$
5	$0.90 \leq EER_{AP} < 1.00$

3 能效评估测试方法

3.1 测试方法

AP 设备一般是通过 POE/POE+供电或 POE 模块方式供电。本文按最常用的 POE/POE+供电方法探讨 AP 设备能效评估测试方法,其他供电方式情况下测试方案可参照本测试方法。

图 2 为测试组网示意。

将电源接入 POE 交换机,由 POE 交换机通过网线与 AP 直连,该网线同时传输数据和给 AP 供电。剥开靠近

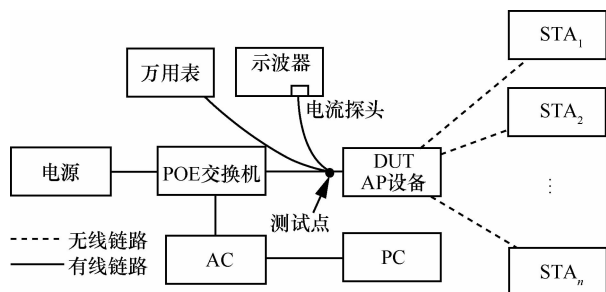


图2 AP设备能耗评估测试方法示意

(STA数量、会话数量、流量、连接拓扑根据实际测试环境而定)

POE交换机侧网线输出端的外皮,露出内部的芯线,按照图2所示,将STA关联到AP的SSID服务,在PC和各STA之间打单向或双向的数据流;用万用表测试POE交换机输出端的电压 V ,将示波器的电流探头夹在POE交换机被剥开的芯线上,读取示波器的示数并记录电流 I 。根据功耗 $W=V \times I$,算出AP设备的功耗 W 。在实际测试中可采用专用POE功率计串接方式,进行功率的测量。

对于POE模块供电方式,在POE交换机和AP之间靠近AP侧,串接一个POE供电模块,由POE供电模块将交换机的数据和电源合到同一根网线,给AP供电的同时进行数据传输。在POE供电模块与AP之间的网线上获取电压和电流,以得到AP设备的功耗。

通过上述方法,分别测得全功耗、低功耗和待机状态下的AP设备整机功耗。下面分别介绍3种工作状态下的测试配置要求。

(1)全功耗状态配置

全功耗状态是指多用户、多会话连接,射频以最大功率方式发送的状态。

测试全功耗状态整机功耗 $P_{full-power}$ 采用3台终端(STA),按照STA与AP 3种不同的距离(2 m、3 m、5 m)放置;每台与AP相连的STA建立6个会话(session);时长设定为10 min,测试期间自第4 min开始,以30 s的间隔读取共计12个功耗测试读数,取其算术平均值,吞吐量取均值。

IEEE 802.11n AP分别以MCS0、MCS7和MCS15 3种速率模式进行测试并记录测试结果,其中要求MCS15上下行TCP速率之和应大于80 Mbit/s。

(2)低功耗状态配置

AP低功耗状态是射频模块工作在自适应模式,单用户数据传输时的状态。

测试低功耗状态整机功耗 $P_{Low-Power}$ 采用1台终端(STA),按照STA与AP相隔3 m的距离摆放;每台与AP

相连的STA建立6个会话;时长设定为10 min,测试期间自第4 min开始,以30 s的间隔读取共计12个功耗测试读数,取其算术平均值,吞吐量取均值。

IEEE 802.11n AP分别以MCS0、MCS7和MCS15 3种速率模式进行测试并记录测试结果,其中要求MCS15上下行TCP速率之和应大于1 Mbit/s。

(3)待机状态配置

AP开启beacon帧,在没有用户附着和数据传输情况下测试待机状态整机功耗 $P_{standby}$ 。

3.2 测试说明

- AP转发速率。由于无法确定AP设备工作在最大功耗情况下,所对应的是最大速率还是一般速率或低速率,目前没有文献及相关报告作参考,为确保数据的完整性,在测试过程中分别选择了低速(MCS0)、中速(MCS7)和高速(MCS15)这3种速率进行测试。
- AP供电方式。不同的供电方式对应了不同的电源转换模式,在测试中,将涵盖尽可能多的供电方式,通过对POE、直流、交流等不同供电方式功耗的测试,以确认不同供电方式对设备功耗的影响。
- AP设备形态。AP设备有“胖”AP(fat AP)和“瘦”AP(fit AP)之分,本次参测的均为“胖”、“瘦”可转的AP。将参测的任一款AP分别以这2种设备形态进行测试,以确认不同的设备形态对设备功耗的影响。
- 其他。测试时也考虑射频模块的开启与关闭这2种状态的测试,以确定射频模块的工作状态对设备功耗的影响。

4 测试结果及分析

根据不同的配置类型(厂商、设备类型、设备形态、供电方式、速率模式、功耗状态),分别对3个主流WLAN厂商提供的14个样本类型进行了118个用例(厂商1)、57个用例(厂商2)以及84个用例(厂商3)的测试和数据采集。本次分析结论基于以上3家的测试结果。表3为本次AP测试时的各种配置组合情况。

4.1 功耗对比

本次参与测试的设备类型分别有类型1、类型2、类型3、类型4以及类型5的IEEE 802.11n“瘦”AP,同时也转成相应的“胖”AP进行测试。以下为MCS0、“瘦”(fit)、POE

表 3 AP 测试配置

厂商	厂商 1、厂商 2、厂商 3
设备类型	类型 1、类型 2、类型 3、类型 4、类型 5
设备形态	“瘦”AP、“胖”AP
供电方式	POE、交流
速率模式	MCS0、MCS7、MCS15
功耗状态	全功耗、低功耗、待机

配置方式下的各款 IEEE 802.11n AP 整机功耗对比。

可以看出:相同厂商、不同类型 AP 设备之间的功耗差异较大;相同类型设备、不同生产厂商之间 AP 设备的功耗也存在较大差异。图 3 为不同厂商不同类型 AP 的综合能耗对比,其中厂商 2 没有类型 5 的 IEEE 802.11n AP 设备。

4.2 待机状态与其他 2 种工作状态的功耗对比

“待机状态”的功耗要远低于“低功耗状态”和“全功耗状态”,同一产品的功耗在待机状态时比工作状态至少要低 20%~45%,表 4 是 3 个厂商的设备类型一的 IEEE 802.11n AP 设备整机功耗在 3 种工作状态下的功耗和根据第 2.3 节整机功耗计算式得到的整机功耗值。

4.3 不同速率下的功耗对比

考虑到目前主流厂商提供的 IEEE 802.11n AP 多为 2 条空间流的商用 IEEE 802.11n AP 设备,因此将本次测试

的速率模式限定在 MCS0 至 MCS15 范围内。选取较为典型的 3 种速率模式——MCS0、MCS7、MCS15 作为速率模式的测试样本状态。

从测试结果可知:无论何种类型(类型 1、类型 2、类型 3、类型 4、类型 5)、何种供电方式(POE、直流)、何种设备形态(“瘦”、“胖”AP),当速率模式在 MCS0 时功耗最大。

4.4 不同供电模式下的功耗对比

本次研究中对部分样品分别采用了 POE 和直流供电方式进行测试,通过对不同设备类型及不同设备形态的测试结果分析,供电模式与实际功耗的高低之间暂未发现显著关联,由于行业内同一款分别支持两种供电方式的设备样本量过少,所以该结论有待进一步证实。

图 4 为厂商 1 部分 IEEE 802.11n AP 设备在不同供电模式下的测试结果对比。

4.5 关闭射频模块的功耗情况

部分 AP 可直接关闭(断电)射频模块的供电,从测试结果来看,物理关闭或断开射频模块电源,可在待机功率的基础上再节省一定数量(0.7~4.64 W)的功耗。

5 结束语

本文建立了 2 种 AP 设备能效评估模型:AP 设备整机

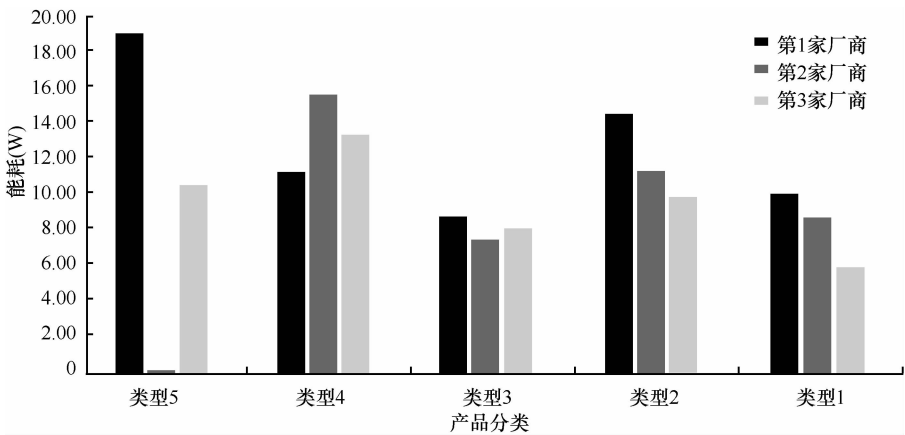


图 3 不同厂商不同类型 AP 的综合能耗对比

表 4 设备类型一的 3 个厂商 IEEE 802.11n AP 功耗测试结果

厂商	厂商 1-fit-POE			厂商 2-fit-POE			厂商 3-fit-POE		
速率模式	MCS0	MCS7	MCS15	MCS0	MCS7	MCS15	MCS0	MCS7	MCS15
全功耗状态(W)	10.71	10.01	10.48	8.72	8.81	9.96	6.86	6.13	6.16
低功耗状态(W)	10.93	9.63	9.59	9.40	8.87	9.87	6.81	6.77	6.34
待机状态(W)	6.61	6.61	6.62	8.63	8.60	8.66	5.10	5.10	5.10
整机功耗(W)	9.79	8.97	9.07	9.04	8.79	9.59	6.39	6.19	5.99

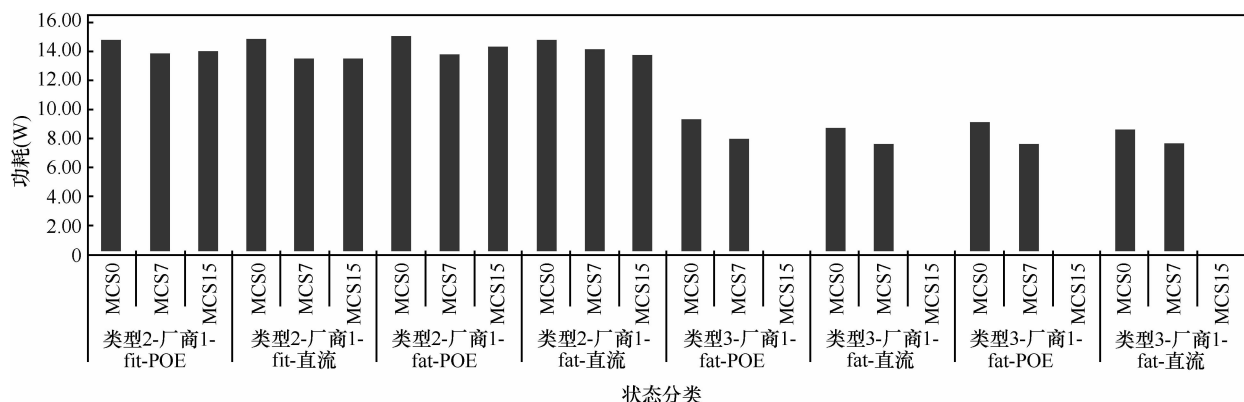


图4 不同供电模式下 AP 整机功耗测试结果

功耗和能效比值,从2个维度来评估 AP 设备的能效情况,并分析了 AP 能效与设备类型、形态、转发速率、供电模式等关系。通过 AP 设备能效评估方法帮助了解现有 AP 设备的能耗情况,同时引导厂商开发更多的绿色低碳 AP 设备。

从测试结果分析可知,AP 设备的能耗主要与工作状态有关,待机状态下整机功耗超过低功耗/全功耗状态下整机一半功耗或接近低功耗/全功耗状态下整机功耗,在一般热点区域,AP 设备的应用是有规律的,如机场、火车站、高校、商务楼等,白天及晚上使用频率较高,但在下半夜就处于待机状态,若通过远程关闭 AP 上联设备(如交换机)端口等方式,将 AP 整机断电,那对于全国上百万个热点 AP 设备而言,一年节省下来的电费将是非常可观的。

随着各国无线城市的推广以及宽带中国战略目标的建设,国际、国内运营商都在加大 WLAN 的建设力度,热点 AP 数量远远超过百万台。本文希望通过建立一种科学有效的 AP 能效评估体系和测试方法,满足业界关于 AP 能效评估的要求,并根据能效分级制度引导厂商开发更多绿色低碳低功耗的 AP 设备。

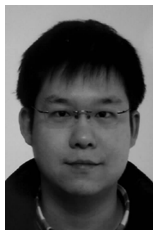
参考文献

- 1 Top Runner 2011.03en-1103,2011
- 2 Code of Conduct on Energy Consumption of Broadband Equipment Version 3, 2008
- 3 YD/B 067-2011. 接入网设备节能参数和测试方法 EPON 系统, 2011
- 4 YD/B 069-2011. 接入设备节能参数和测试方法 VDSL2 系统, 2011

[作者简介]



高波,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 WLAN 网络技术及安全技术等。



吴非,男,电信科学技术第一研究所系统工程师,主要研究方向为 WLAN 网络技术及安全技术等。



林睿,男,中国电信集团公司网络发展部宽带网络规划处副处长,主要研究方向为宽带网络规划、WLAN 网络技术、固定移动网络融合(FMC)等。



沈成彬,男,博士,中国电信股份有限公司上海研究院技术总监、教授级高级工程师,主要研究方向为宽带光纤接入、WLAN、光传输等技术。

(收稿日期:2013-06-05)