



WLAN 无线网动态射频管理节能方案研究

李雯雯, 吴 博, 李 可, 边 森

(中国移动通信有限公司研究院 北京 100053)

摘 要:随着 WLAN 规模和用户数量的增长,设备耗电特别是超闲 AP 业务空闲期的电量浪费问题日益突出。为了解决超闲 AP 的耗电问题,深入研究了两种较成熟的动态射频管理技术(AP 整机定时关断和 AP 射频通道定时关断技术)的原理及实施效果。经验证,这两种动态射频管理技术均具有省电、复杂度低、成本低、易管控的特点,为构建绿色高效网络提供技术储备。

关键词:无线局域网;接入点;节能;射频;定时;关断

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015081

Research on Dynamic Radio Management Energy-Saving Scheme of WLAN Wireless Network

Li Wenwen, Wu Bo, Li Ke, Bian Sen

(China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China)

Abstract: With the development of WLAN scale and users number, the energy consumption of the idle AP has become increasingly prominent. In order to solve the problem of idle AP power consumption, two kinds of mature dynamic radio management technologies, AP equipment shutdown and AP RF channel shutdown, were in-depth studied, and their principles and implementation effects were put forward. It's proved that both of the dynamic radio management technologies have the advantages of energy saving, low complexity, low cost and easy control, providing technology support for the construction of green energy-efficient network.

Key words: WLAN, access point, energy saving, radio frequency, timing, shutdown

1 引言

随着移动互联网数据流量的飞速增长,WLAN(wireless local area network,无线局域网)规模日益扩大,网络运营商在高校、机场、企业等不同公共场所均提供了 WLAN 接入点覆盖服务。然而,为了保证网络覆盖、业务质

量和用户体验,WLAN 无线网网元设备 AC(access control,接入控制)、ONU(optical network unit,光网络单元)/PoE(power over Ethernet,以太网供电交换机)和 AP(access point,接入点)基本上是 7×24 h 连续工作,造成大量 AP 闲置和电能浪费。

为了解决超闲 AP 的耗电问题,从器件级、设备级、网

收稿日期:2014-09-15;修回日期:2015-03-10

基金项目:国家“863”计划基金资助项目(No.2014AA01A703, No.2014AA01A704)

Foundation Items: The National High-Tech Research and Development Program of China (863 Program) (No. 2014AA01A703, No.2014AA01A704)

论文引用格式:李雯雯,吴博,李可等. WLAN 无线网动态射频管理节能方案研究. 电信科学,2015081

Li Wenwen, Wu Bo, Li Ke, et al. Research on dynamic radio management energy-saving scheme of WLAN wireless network. Telecommunications Science, 2015081

络级 3 个层次分别开展 AP 节能研究。考虑到全国将近 2/3 省公司的超闲 AP 占比高于平均值 18.28%, 本文关注如何降低 AP 业务空闲期的功耗, 选用节能效果相对明显的动态射频管理技术进行深入研究。

动态射频管理技术目前主要有两种方案: AP 整机定时关断和 AP 射频通道定时关断。这两种方案均是针对 AP 业务空闲期实施的不同粒度的定时关断策略, 通过控制 AP 发射功率和占空比, 达到节能的目的。下面针对这两种方案的原理及实施效果进行详细分析。

2 动态射频管理方案

2.1 AP 整机定时关断

2.1.1 业务潮汐效应

众所周知, 通信系统的业务量具有典型的潮汐效应: 业务量每天周期性地地在两个关联地点来回迁徙, 总业务量基本保持稳定, 如图 1 所示。不同地点及不同时间的 WLAN 网络利用率差异较大, 从 AP 热点的部署及应用策略入手, 在特定区域、特定时间为 AP 整机供电配置开关定时器, 实现在非热点区域或潮汐低谷期自动断开 ONU/PoE 交换机对 AP 的供电。

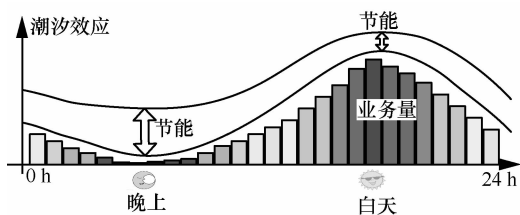


图 1 通信业务潮汐效应示意

2.1.2 实现方案

AP 整机定时关断有多种实现方案, 如升级 WLAN 网管系统、改进 ONU/PoE 设备架构、引入第三方控制单元等。考虑到 ONU/PoE 所属的 PON (passive optical network, 无源光纤网络) 网管系统与 AP 所属的 WLAN 网管系统都由各省公司自行招标采购, 彼此之间并未连通, 直接升级 WLAN 网管系统短期内有难度; 另外, 由于 ONU/PoE 对 AC/AP 之间的 CAPWAP (control and provisioning of wireless access point, 无线接入点控制与配置) 协议是透传的, 无法解析 AP 状态信息, 以改进现有 ONU/PoE 架构存在兼容性和成本的问题。因此, 本文采用引入第三方控制单元的方案, 改动小、易实现、低成本、易部署。

如图 2 所示, 保持原有的 ONU/PoE 架构不变, 引入带

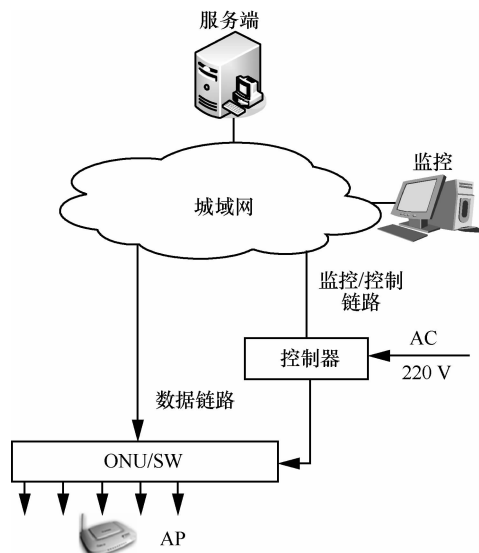


图 2 AP 整机定时关断实现方案示意

供电控制功能的第三方控制单元及相应的远程监控平台, 控制单元位于 ONU/PoE 用户链路与供电通路之间, 监控每个用户与 ONU/PoE 之间的上行流量并向指定 IP 地址回传监控数据, 同时对 ONU/PoE 实现供电控制和断电故障监控。远程监控平台生成定时关断策略, 并自动下发至控制单元, 实现 AP 整机关断的远程操控。

图 3 为控制单元内部架构。可以看到, 控制单元仅包含 3 个主要模块, 结构简单、功耗低、成本低。其中, 信号采集/放大单元用于监听用户与 ONU/PoE 是否有数据通信, 同时对信号进行放大; 控制策略单元用于存储远程监控平台生成的定时关断策略, 并根据信号采集/放大单元确定电子开关的状态; IP 模块用于完成监控数据回传、本地配置等功能。

AP 整机定时关断的时间由操作人员根据经验设置, 一般取无用户接入的空闲时段。由于整机关断后的重启时间在分钟级, AP 关断时段不能及时响应用户突发业务需求, 需统计现网不同场景下的用户模型, 以制定合理、有效的服务策略。

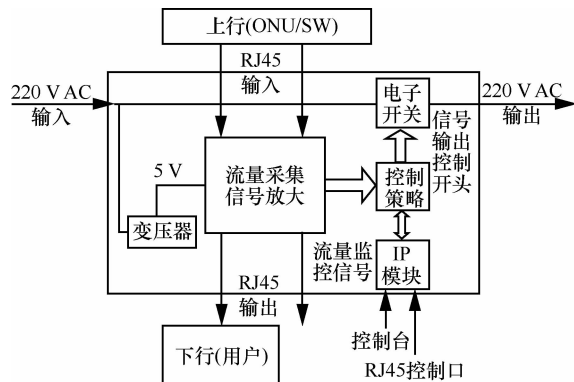


图 3 控制单元内部架构

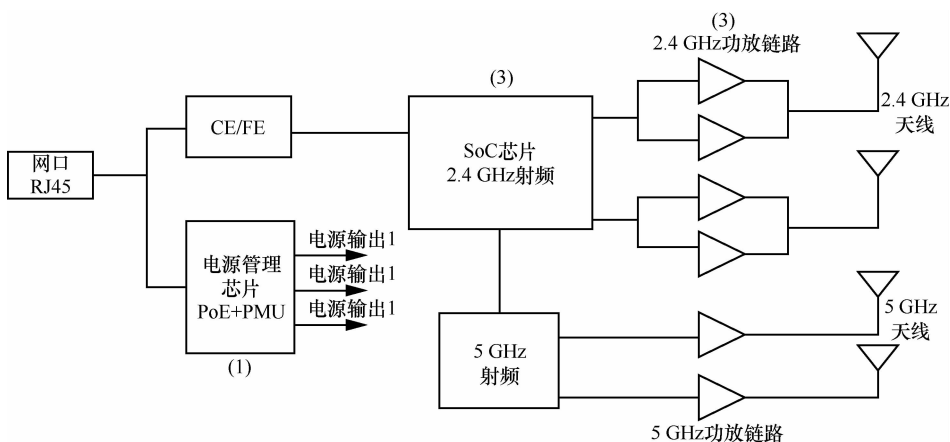


图4 AP设备内部硬件架构示意

2.2 AP 射频通道定时关断

2.2.1 AP 硬件架构及功耗构成

WLAN AP设备硬件架构一般包括SoC(system on chip, 系统级芯片)小系统、网口模块、射频模块、电源模块等,如图4所示。

根据对现有主流AP产品功耗分布的调研统计,可知AP内部耗电元器件主要包括以下几部分。

- 电源(AC/DC、DC/DC):电源转换效率最高可达到95%,普遍达到85%;采用不同的电源转换方案,AP能耗差异可达到13%。
- CPU/SoC小系统:CPU/SoC功耗大小取决于架构指令体系(MIPS/ARM/powerPC)、集成电路工艺和主频等因素;AP不同工作状态下的CPU/SoC功耗变化不明显。
- PA(power amplifier,功率放大器):PA功耗占AP整机功耗的40%~80%,是AP中的主要耗电元器件;PA功耗与AP发射功率和工作状态密切相关,如PA待机状态下(仅发beacon帧)功耗可下降约50%。

从AP硬件架构及元器件功耗构成来看,射频模块占AP整机功耗的比例最大(最高可达80%)。通过AC配置AP射频通道的定时开关,针对典型应用场景提供灵活的射频通道动态管控策略,以降低AP射频模块的空闲态功耗。

2.2.2 实现方案

AP射频通道定时关断实现方案比较简单,只要由AC下发指令,控制下属任意AP关闭射频工作单元,使得射频模块不工作,即可有效控制AP的功耗。AP射频通道的关断可通过调整PA的偏置电压来实现,如图5所示,直流偏

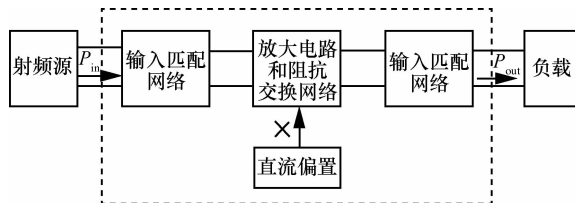


图5 PA内部结构示意图

置电路的作用是为电路提供合适的静态工作点,使放大器工作在所需的状态下。偏置电压调整包括:关闭栅压,使PA仅有静态电流;分级调整漏压,在低功率情况下减少无效损耗等。AC设备本身可以具备此调整功能,也可以通过WLAN网管进行动态控制。

AP射频通道定时关断的时间同样也可以由操作人员根据经验取值,并在AC或网管系统中进行相关配置。由于射频关断后的重启时间在秒级,能够及时响应突发业务请求并提供网络服务。

3 节能方案实施验证

3.1 AP 整机定时关断

采用如图2所示的测试系统拓扑结构,并将电表挂在控制单元的220 V交流输入端,测试以ONU/PoE为单位的所有AP整机定时关断的节能效果。

测试地点选在无锡高校学生宿舍楼,每栋宿舍楼安装6台ONU/PoE交换机,每台ONU/PoE下挂10台AP。AP类型为双频双流、放装型,每个端口的标称发射功率为100 mW。

根据学校实际情况,AP整机定时关断时间的设置见表1。其中,“on”表示打开电源,“off”表示关闭电源,“/”表示不做设置。

表 1 AP 整机定时关断时间

	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
08:00–23:00	on	on	on	on	on	/	/
23:00–08:00	off	off	off	off	/	/	off

统计 8 月 25 日至 9 月 5 日(8 月 25 日之前为暑假)每栋宿舍楼日累计的在线用户数,如图 6 所示。可以看出,8 月 30 日以后,在线用户数明显上升,随后趋于稳定,符合校园实际应用场景。

统计开启 AP 整机定时关断功能前后,宿舍楼的总电表读数情况及节能比例,具体见表 2。

表 2 AP 整机定时关断节能效果

测试项目	宿舍楼 A 总电表读数/ kW·h	宿舍楼 B 总电表读数/ kW·h
未开启节能功能	192.5	183.7
开启 AP 整机定时关断	140.3	135.8
节能比例	27.12%	26.08%

可以看出,当大部分 AP 整机定时关断的时间选为 23:00–08:00 时,相当于一天之中约有 1/3 的时间不工作,理论上可节电 30%左右。因此,AP 整机关断后,节能预期取决于关断时间与工作时间的比例。但由于整机关断后的重启时间较长,需在节能效果与用户体验之间进行权衡。

3.2 AP 射频通道定时关断

测试系统拓扑结构如图 7 所示,由于测试地点选在实验室,环境理想,故改用精度更高的直流电源分析仪测试 AP 的功耗。以太网交换机关闭 PoE 供电功能,只提供数据传输,由直流电源分析仪供电。

实验室共对比测试了 3 款不同型号的 AP 设备,相关信息如下。

- AP 1: 发射功率 100 mW, 单流单天线, 最大速率 54 Mbit/s, 射频功耗占比 8.72%。
- AP 2: 发射功率 500 mW, 单流单天线, 最大速率 150 Mbit/s, 射频功耗占比 53.2%。
- AP 3: 发射功率 100 mW, 双流双天线, 最大速率 300 Mbit/s, 射频功耗占比 71.3%。

统计开启 AP 射频通道定时关断功能前后,各 AP 的平均功耗情况及节能比例,具体见表 3。

可以看出,对于多天线、发射功率高的 AP,射频关断效果明显,达到 15%左右,而对于小功率 AP 则没有明显效果。因此,AP 射频通道关断后,节能预期取决于 AP 射频模块功耗占比及关断时间,理论上可节电 15%左右。虽然射频关断的节能效果不如整机关断效果明显,但由于射频关断后的重启时间较短,不会影响用户体验,且实现方法简单、成熟度较高,故现网中应用更普遍。

4 结束语

WLAN 规模的迅速扩大和业务的潮汐效应造成了大量 AP 闲置和资源浪费的问题,本文从 AP 业务空闲期的功耗入手,详细介绍了两种较为常见的动态射频管理技术

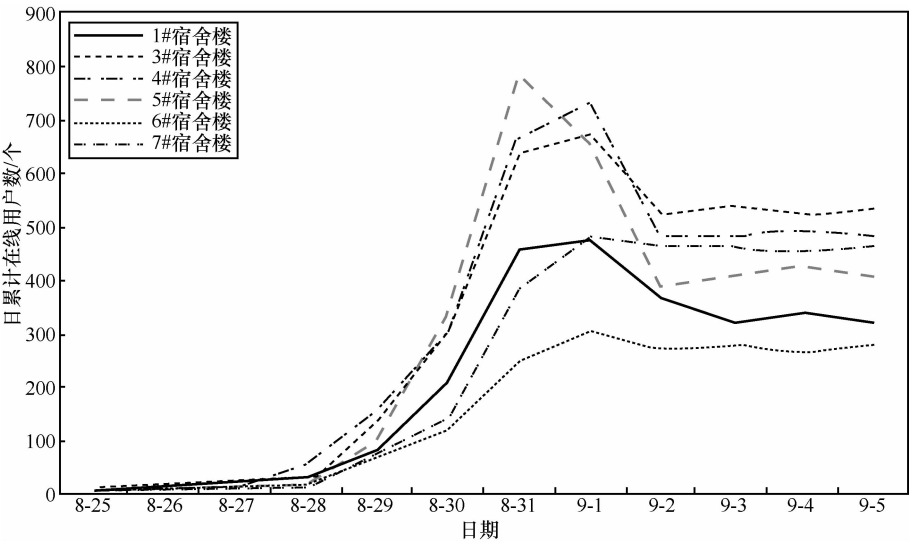


图 6 日累计在线用户数统计

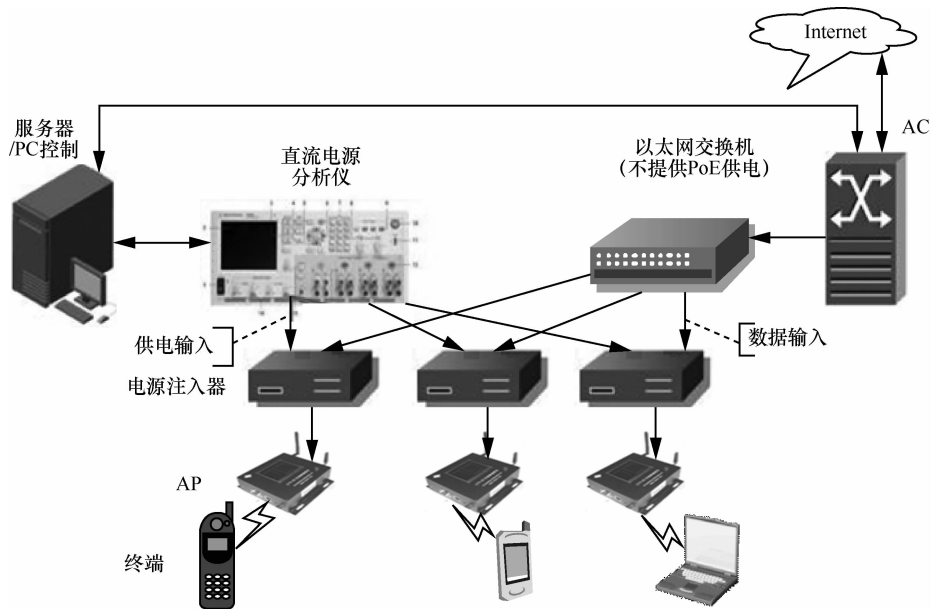


图 7 实验室测试系统拓扑

表 3 AP 射频定时关断节能效果

测试项目	AP 1 功耗/W	AP 2 功耗/W	AP 3 功耗/W
未开启节能功能	4.051 894 711	2.492 532 961	2.824 709 771
开启 AP 射频定时关断	4.046 238 873	2.129 024 683	2.377 582 58
节能比例	0.14%	14.58%	15.83%

的原理及实施效果。通过现网及实验室测试,验证了 AP 整机定时关断可节电 30%左右,而 AP 射频通道定时关断可节电 15%左右。实际的节能效果取决于关断时间与工作时间的比例、AP 射频模块功耗占比、现网用户分布及业务量大小等因素,还需在节能效果与用户体验之间考虑权衡。从节能效果、实现难度、成本及成熟度等维度考量,AP 整机定时关断和 AP 射频通道定时关断技术均具有省电、复杂度低、成本低、易管控的特点,成为 WLAN 接入系统首选的绿色节能方案。

参考文献

1 3GPP TS 23.402. Architecture Enhancements for Non-3GPP Accesses, 2011

2 Baek S, Choi B D. Performance analysis of power save mode in IEEE 802.11 infrastructure WLAN. Proceedings of IEEE Telecommunications International Conference, Indiana, USA, 2008

3 WFA. Wi-Fi Alliance Member Symposium, 2013

4 中国移动通信集团公司. 2013 年可持续发展报告, 2014

China Mobile Communications Corporation. 2013 Sustainability

Report, 2014

5 庄野, 张小虎, 陆飞等. 远程控制系统 (专利)(申请号 201220597409.2), 2012

Zhuang Y, Zhang X H, Lu F, et al. Remote control system(Patent application No. 201220597409.2), 2012

6 高波, 吴非, 林睿等. 热点 WLAN AP 设备能效及指标评估方法的研究. 电信科学, 2013, 29(9):63~68

Gao B, Wu F, Lin R, et al. Research on method in measurement and parameter of energy saving for WLAN access point. Telecommunications Science, 2013, 29(9): 63~68

7 黄万伟, 汪斌强, 王志明等. 可重构柔性网络架构与节能机制研究. 电信科学, 2013, 29(9):1~7

Huang W, Wang B, Wang Z M, et al. Research on architecture and energy-saving mechanism of reconfigurable flexible network. Telecommunications Science, 2013, 29(9): 1~7

8 王春新, 李信, 王晓湘等. 基于异构网络电力应急通信场景的绿色通信方案. 电信科学, 2013, 29(11):99~103

Wang C, Li X, Wang X X, et al. Green communication schemes of heterogeneous network-based electricity emergency communication scene. Telecommunications Science, 2013, 29(11): 99~103

9 刘明, 张治中, 程方. 5G 与 Wi-Fi 融合组网需求分析及关键技术研究. 电信科学, 2014, 30(8):99~105

Liu M, Zhang Z, Cheng F, *et al.* Analysis of network demand and research on the key technology for integration of 5G and Wi-Fi. *Telecommunications Science*, 2014, 30(8): 99~105

- 10 王晨. 一种远程网络智能电源管理系统的硬件设计. 电子制作, 2013(7)

Wang C. Hardware design of a remote network intelligent power management system. *Electronic Production*, 2013 (7)

- 11 郑涛. WLAN 的绿色设计. IP 领航, 2009(5)

Zheng T. Green design of WLAN. *IP Navigator*, 2009 (5)

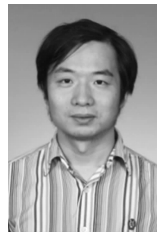
- 12 杨柯, 王志功, 李志群. 0.18 μm CMOS 工艺 5 GHz WLAN 功率放大器设计. 电子工程师, 2006(3)

Yang K, Wang Z, Li Z Q, *et al.* 0.18 μm CMOS technology 5 GHz WLAN power amplifier design. *Electronics Engineer*, 2006(3)

[作者简介]



李雯雯, 女, 中国移动通信有限公司研究院中级工程师、项目经理, 主要从事TD-SCDMA/TD-LTE/WLAN 绿色通信及无线承载领域的研究工作, 关注无线网络能效提升的相关技术。



吴博, 男, 中国移动通信有限公司研究院中级工程师、项目经理, 主要从事移动互联网业务开发及网络性能优化领域的研究工作、移动互联网应用安全研究及开发工作。



李可, 男, 中国移动通信有限公司研究院中级工程师、项目经理, 主要从事 2G/3G/LTE 终端节能技术研究与应用以及绿色业务、高效网络的协同优化研究工作。



边森, 男, 中国移动通信有限公司研究院中级工程师、室经理, 主要从事TD-SCDMA/TD-LTE 绿色通信、新能源基站等领域的研究工作, 主导多项中国移动集团重大重点课题的研究与产品开发。

2015081-6

(上接 2015107-3)

Ruan K, Feng M, Zhu Y Q, *et al.* Evolution analysis of next generation internet architecture. *Telecommunications Science*, 2014,30(Z2): 50~53

- 2 黄勇军, 朱永庆. 新一代互联网发展趋势与技术浅析. 电信科学, 2013, 29(4): 1~6

Huang Y J, Zhu Y Q. Development trend and technologies analysis of the new generation internet. *Telecommunications Science*, 2013, 29(4): 1~6

- 3 IETF. Forwarding and control element separation (ForCES) model extension, <http://datatracker.ietf.org/doc/rfc7408/>, 2014

- 4 ETSI NFV. NFV white paper. <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/nfv>, 2013

- 5 中国电信. 中国电信 IP 网络设备技术要求-核心路由器(CR). Q/CT 2554-2013, 2013

China Telecom. Technical requirements for IP network equipment of China telecom (Core Router). Q/CT 2554-2013, 2013

- 6 Yole Developpement. Silicon photonics market & technologies 2011-2017: big investments, small business. http://www.okokok.com.cn/Htmls/PE_Product/121012/154893.html, 2012

- 7 Open flows witch specification (Version 1.3.2). <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/OpenFlow/OpenFlow-spec-v1.3.2.pdf>, 2013

[opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/OpenFlow/OpenFlow-spec-v1.3.2.pdf](https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/OpenFlow/OpenFlow-spec-v1.3.2.pdf), 2013

[作者简介]



陈华南, 男, 中国电信股份有限公司广州研究院工程师, 主要研究方向为城域网优化建设、网络新技术与设备新技术。



黄勇军, 男, 中国电信股份有限公司广州研究院副院长、高级工程师, 政府特殊津贴专家, 长期从事运营商通信网络发展规划和通信信息新技术应用研究工作, 曾从事电信市场经营管理工作, 重点研究方向为宽带网络技术、云计算。

朱永庆, 男, 中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师, 主要研究方向为超宽带城域网技术、网络新技术。

2015107-4