



基于分布式微微基站的室内覆盖创新解决方案及应用推广

韦 炜¹, 周 峰², 陆蓓隼³

(1. 中国电信股份有限公司上海分公司 上海 200120;

2. 中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122;

3. 上海邮电设计咨询研究院有限公司 上海 200092)

摘 要: 目前中国电信正处于 LTE 网络规模部署的关键时期, 对于上海这个国际化城市而言, 室内无线信号的质量直接关系到上海电信 4G 用户规模发展及品牌形象的建立, 因此如何破解 4G 时代室内用户体验难题是重要的研究课题。围绕“快速、智能、融合、演进、绿色”5 个方面, 全面论述了基于分布式微微基站的室内覆盖创新解决方案的设计思路, 助力运营商实现快速建网、智能管理、节能减排, 促进网络融合, 保障平滑演进。

关键词: DAS; LTE; MIMO; PoE

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015339

Innovation In-Building Coverage Solutions Based on Indoor Distributed Pico Base Stations and Their Application and Promotion

Wei Wei¹, Zhou Feng², Lu Beijun³

(1. Shanghai Branch of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200120, China;

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

3. Shanghai Posts and Telecom Designing Consulting Institute Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Currently China Telecom is undergoing a crucial stage of LTE network deployment in a large scale. For Shanghai, the quality of in-building radio signals has a direct impact on the expansion of 4G network subscribers and the brand image of China Telecom in Shanghai. In this sense, how to enhance the in-building users experience in the 4G era is an important subject to be studied. From five perspectives “fast, intelligent, integrated, evolutionary and green”, the thoughts in designing innovative in-building coverage solutions based on indoor distributed pico base stations were demonstrated comprehensively, so as to help operators to quickly construct networks, manage them smartly and reduce the OPEX, as well as to enhance the network integration and to ensure smooth evolution.

Key words: DAS, LTE, MIMO, PoE

收稿日期: 2014-10-18; 修回日期: 2015-12-15

论文引用格式: 韦炜, 周峰, 陆蓓隼. 基于分布式微微基站的室内覆盖创新解决方案及应用推广. 电信科学, 2015339

Wei W, Zhou F, Lu B J. Innovation in-building coverage solutions based on indoor distributed pico base stations and their application and promotion. Telecommunications Science, 2015339

1 引言

随着移动宽带(mobile broadband, MBB)的发展, 数据业务已经成为业务发展的重心, 目前接近 80% 的移动数据业务发生在室内, 尤其在学校、交通枢纽、办公大楼、会议中心、商场等高业务区域。目前传统同轴电缆型室内分布系统(distribute antenna system, DAS)的应用已非常成熟, 其采用大功率直放站进行功率补偿, 但存在着底噪高、抗干扰差、系统损耗大等问题, 影响了网络质量和用户感受; 而且传统铜缆方式在设计、施工和后期维护中都存在不少困难, 如井道馈线穿放困难、监控深度不足、排障困难等问题。目前 4G 牌照已经正式发放, 为抢占市场先机, 3 家运营商都在加紧部署 LTE 网络, 而信号的室内覆盖水平一直是市场竞争力高低的重要体现。如何破解 4G 时代室内用户体验难题、快速高效地完成室内覆盖建设是运营商面临的巨大挑战, 这需从工程实施难度、信号覆盖质量、建设成本、安全运行等诸多方面进行全方位考虑, 提出支持多网融合、大容量、易管理、施工便捷的创新室分解决方案。

为应对 4G 时代更加激烈的竞争形势, 落实中国电信集团公司关于 LTE 快速建网的战略目标, 中国电信股份有限公司上海分公司(以下简称上海电信)早在 2013 年就已开展基于分布式微微基站的创新室分解决方案的理论研究、技术交流和现场调研。该室分解决方案又称基带馈入式光纤分布系统, 具有高效部署、大容量、多频多模和运维可视化等特点。该产品以低辐射、绿色环保、智能管理为设计理念, 利用光纤及微功率技术, 减少铜缆使用, 符合“光进铜退”发展趋势, 同时减少电磁辐射及干扰, 可以达到节能减排的目的, 降低射频信号对人体健康的影响。由于该系统采用光纤和超五类线取代同轴电缆, 施工简单快捷, 有效降低物业协调和施工难度, 对于上海电信 LTE 快速建网、抢占目标客户群具有非常重要的战略意义。

2 技术方案

2.1 总体架构

基于分布式微微基站的室内覆盖解决方案主要由基带单元(BBU)、扩展单元和远端射频单元三层架构组成。

- 基带单元: 与现网 BBU 兼容, 将 2G、3G、双流 LTE 信号经过变频和数字化处理后转换成 CPRI 协议的数字光信号, 经光纤传输到扩展单元。
- 扩展单元: 实现光电转换, 通过超五类线传输到远端

射频单元, 同时可级联下一级扩展单元, 其内部集成了供电模块, 对远端射频单元用 PoE 实现远程供电。

- 远端射频单元: 支持多频多模 (CDMA/FDD LTE/TDD LTE/Wi-Fi), 内置天线, 经过数字处理和射频处理后, 还原成 2G、3G、LTE 信号进行覆盖。

分布式微微基站解决方案的总体组网架构如图 1 所示, 其中基带单元与扩展单元之间通过光纤相连, 扩展单元与远端射频单元之间可通过网线方式连接。

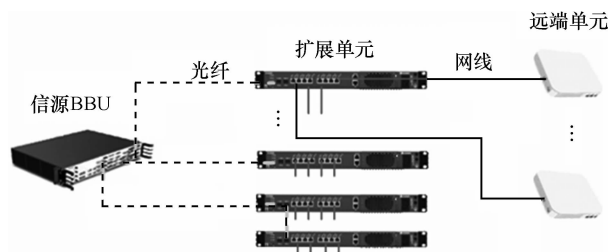


图 1 分布式微微基站解决方案的三层架构示意

2.2 组网方式及组网能力

分布式微微基站的组网方式比较灵活, 支持星型、级联等多种方式, 适合于移动通信网络室内外深度覆盖的需求。以某厂商的分布式微微基站设备为例, 如图 2 所示, 其解决方案主要由 BBU、Rhub 和 pRRU 3 个网元组成。其中 pRRU 支持多频多模, 可同时承载 LTE TDD/LTE FDD/CDMA 等多个制式, 并集成 Wi-Fi。BBU 有 6 块信道板, 每块信道板可直接接 6 个 Rhub, 每个 Rhub 支持 4 级级联。目前每个信道板支持 24 个 pRRU, 每个 BBU 可带最多 96 个 pRRU, 升级后可达 192 个。pRRU 与 Rhub 之间通过超五类线进行连接, 通过内置 PoE 供电及 Extender (扩展), 最大拉远距离为 200 m。

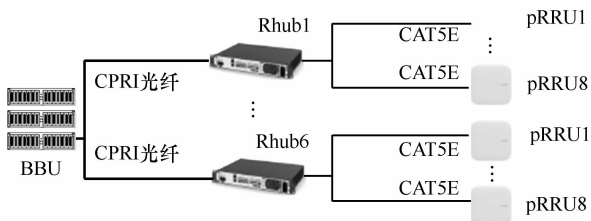


图 2 某厂商分布式微微基站组网示意

2.3 技术特点

基于分布式微微基站的室内覆盖解决方案具有以下技术特点。

- (1) 采用光纤及超五类线替代传统铜缆
采用光纤及超五类线替代传统铜缆, 可以减少铜缆使



用,符合“光进铜退”发展趋势;同时利用光纤及微功率技术,不仅有效降低室分系统底噪及系统间干扰,提升室内覆盖信号质量,而且可以降低设备功耗,达到节能减排的目的。

(2)结构简单,管理方式发生转变

三层组网架构,无需无源器件,链路预算简单,解决器件质量、工程实施质量影响室内覆盖应用质量的问题,管理方式转变为对主设备的质量管理。

(3)与宏基站共网管,可视化运维管理

端到端远程监控,管理到室内覆盖末梢,在宏基站网管上实现运维可视化的智能管理,精确统计各区域话务分布,每个设备的工作状态尽在掌握中,便于快速故障定位,降低运维成本。

(4)支持多制式接入,单LTE实现双流MIMO

单一室分系统实现多制式接入、多业务协同覆盖,一次部署,多模平滑演进。大大降低建网成本,满足共建共享、集约化发展要求;同时支持MIMO,避免传统DAS双路系统的功率不平衡问题。

弹性系统,软件控制灵活扩容:具备灵活高效的扩容能力,在网络建设初期,通过多个远端单元共小区减少小区边缘面积,降低干扰;当网络负荷较高时,通过网管软件配置即可实现多小区分裂,达到干扰与容量的平衡,小区间可无缝切换。无需任何工程改造,仅软件控制就能提升网络容量。

面向未来组网,平滑技术演进:通过cloud BB架构,逐步实现CoMP、eICIC、CA及BBU池等新技术,强大的多天线系统,可组成天线阵列,有利于未来分布式MIMO技术的采用,可以充分发挥4G多天线、智能天线技术的优势,让室内覆盖的频谱效率更高。

2.4 与传统DAS系统对比分析

2.4.1 分布式微微基站的优点

全新架构的分布式微微基站是室内覆盖解决方案的一

次技术革新,与传统分布系统相比,该解决方案具有如下优势。

- DAS操作维护复杂度高,网络架构复杂,需要部署合路器、耦合器、近远端机及天线等,而分布式微微基站解决方案只需用光纤连接BBU和Rhub,再用超五类线将pRRU连接至Rhub。相比传统DAS,该室分方案施工难度降低,建设周期可缩短60%,带来的安装人工费大大降低,同时还实现了与宏基站网管系统的共享。
- DAS具有较高的底噪,包括RRU的底噪以及不同信号共信道产生的无法消除的底噪,而分布式微微基站可消除RRU噪声,独立解调消除了上行链路RRU之间的干扰。
- 无需链路预算,设计简单,有利于加快设计进度。
- DAS的扩容成本高,需进行室分整改,工程量大,而分布式微微基站可根据需求实现pRRU级别的小区分裂,通过软件配置,实现空中接口的无缝扩容。

根据以上分析,分布式微微基站与传统DAS的架构对比如图3所示,竞争力对比见表1。

2.4.2 分布式微微基站的局限性

分布式微微基站的局限性如下。

- 覆盖均匀性稍差:与传统DAS的天线口功率相比,基带馈入式光纤分布系统的远端设备功率较大,因此使用数量较少,信号分布的均匀性稍差,尤其是室内隔断较多无线环境复杂的场景。
- 不适合电梯覆盖:由于其远端设备功率小,一般6~7层布放一个远端设备,但对电梯数量较多的室内场景则性价比较差;而采用随路覆盖的方式需使用轿箱的电源并采用超柔网线,存在安全问题。
- BBU数量需求相对较多:目前BBU可带的远端设备数量有限,覆盖相同面积的情况下,光纤分布系统所需的BBU数量大致是传统DAS双路系统的

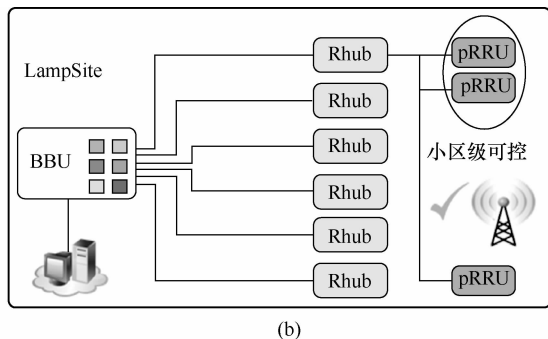
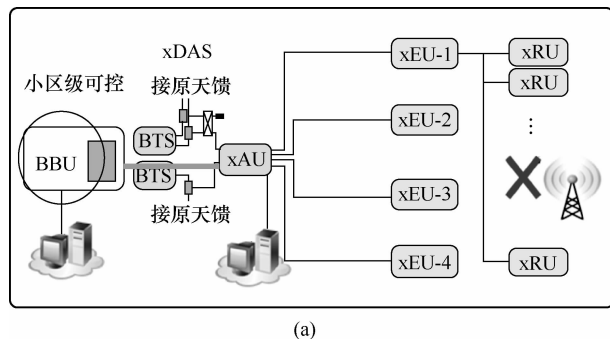


图3 分布式微微基站与传统DAS的架构对比

表 1 分布式微微基站的竞争力对比

对比项	分布式微微基站	传统 DAS
底噪	主干零插损,远端微功率,降低系统底噪	主干插损大,大功率直放站和系统间干扰导致系统底噪较高
抗干扰	数字合路+全光主干,降低系统干扰	多运营商多系统接入时,干扰问题突出
是否支持 MIMO	支持 MIMO	仅双路支持 MIMO,且难以保证功率平衡
监控能力	监控至末端,可视化管	只能监控到 RRU 和光放设备
故障排查	方便快速	无源器件故障排查困难,工作量大
施工难度与周期	布线方便,工期较传统降低 40%~60%	采用馈线方式,布线难度高,工程量大
设计难度	无链路预算,设计简单	链路计算及设计复杂
系统扩展性	支持远端单元多模迭加	主干增加合路器并重新调整
扩容能力	通过软件扩容,灵活高效	增加 RRU 并调整主干,扩容成本高,工程量大

1.5 倍,因此该解决方案对 BBU 的数量需求相对较多。

- 不支持多运营商集约化: 由于各厂商目前仅开发了针对单运营商的多系统设备,因此在需要 3 家运营商集约化共建共享建设的场点,如机场、地铁等,暂时无法应用推广。
- 后续载波聚合调整复杂: 在载波聚合实现上,传统 DAS 仅需在主设备和主干上做调整,而分布式微微基站则需在远端设备上增加模块,工程量较大。

2.5 适用场景

基带馈入式光纤分布系统技术优势明显,工程实施方便快捷,可广泛适用于如下场景:

- 对于多系统并存、业务量较大且隔断较少的室内场点,如交通枢纽、会展中心、大型活动场馆、高端楼宇、大型商圈、高校园区等;
- 传统 DAS 施工困难的楼宇。

由于该技术在接入灵活性、施工便利性和可扩展性较强,便于上海电信 LTE 快速建网、抢占市场先机。

3 应用推广

在基于分布式微微基站的室内解决方案推广方面,分别在上海市的嘉定信息大楼、紫金通欣酒店、国际汽车城进行了部署应用,整个建设施工周期缩短了 66%。其中 BBU 与 Rhub 之间通过光纤连接,Rhub 与 pRRU 之间采用超五类网线连接,通过 PoE 进行供电。设备部署及覆盖概况见表 2。

3.1 有效满足覆盖需求

通过测试数据分析,信息大楼、通欣酒店、国际汽车城的覆盖效果良好,用户体验提升明显。信息大楼覆盖合格率($RSRP>-105$ dBm, $SINR>3$ dB)为 100%,峰值速率下行可达 97 Mbit/s;下行平均速率为 79 Mbit/s,上行平均速率为 32 Mbit/s。通欣酒店走廊覆盖效果明显改善,但由于酒店结构的复杂性,部分远端的房间内会有弱覆盖情况出现;国际汽车城覆盖合格率在 96% 以上,下行平均速率为 81 Mbit/s,上行平均速率为 32 Mbit/s。

3.2 可实现与双路 DAS 相同的覆盖效果

在汽车城的 13 楼同楼层进行了与传统 DAS 方式的对比测试,DAS 部署了 6 个天线,天线口功率为 50~70 mW,由于分布式基站的天线口功率为 100 mW,因此采用了 3 个天线部署的方式。

通过测试对比分析,发现两种覆盖方式都可以满足覆盖要求。在上述条件下,由于 DAS 的点位比分布式微微基站多一倍,因此 DAS 的平均 RSRP 高于分布式微微基站 10 dBm 左右,SINR、上下行平均速率及覆盖均匀性略优于分布式微微基站。分布式微微基站与传统 DAS 的比较见表 3。

3.3 具备灵活的小区合并分裂能力

支持灵活的以 Rhub 或 pRRU 方式,进行小区的合并及分裂。在小区合并方式下,通过 pRRU 共小区方式来降低干扰;在小区分裂方式下,可通过网管软件配置即可实现多小区分裂,无需任何工程改造,如图 4 所示。

另外,相比与无源器件不可监控,分布式微微基站可

表 2 分布式微微基站的设备部署及覆盖情况

部署地点	BBU	Rhub	pRRU	覆盖区域
嘉定信息大楼	3 块基带板	9 个	62 个	覆盖 20 个楼面与 3 个电梯井
紫金通欣酒店	1 块基带板	3 个	23 个	覆盖 6 层楼面与 2 台电梯
国际汽车城	4 块基带板	12 个	96 个	覆盖 24 层楼面与 4 台电梯



表 3 分布式微微基站与传统 DAS 的比较

对比项	RSRP/dBm			SINR/dB			下行速率/(Mbit·s ⁻¹)		上行速率/(Mbit·s ⁻¹)	
	均值	最大	最小	均值	最大	最小	均值	最大	均值	最大
DAS	-64	-49	-75	28.5	30	27.5	92.6	98.3	33.2	37.1
微微基站	-74.6	-57	-84	27.4	30	14.3	88.4	95.0	29.9	32.6

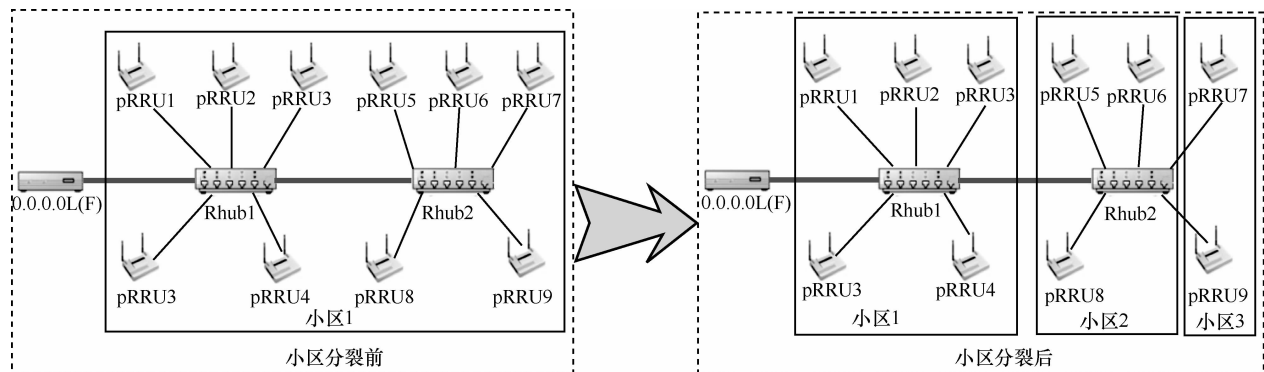


图 4 小区分裂示意

实时管理到室内覆盖末梢,在宏基站网管上实现运维可视化的智能管理,精确统计各区域话务分布,快速故障定位。

3.4 PoE 安全测试

在安全性测试方面,按照 IEEE 802.3af 标准定义,在 3 级安全标准 2 对芯线供电的情况下,电流不大于 350 mA。PoE 芯线供电示意图如图 5 所示。而分布式微微基站在 4 对芯线供电的情况下,最大电流为 560 mA,略小于 IEEE 802.3af 规定的电流。但在开路及短路等特殊情况下每个芯线供电的均匀性是否满足国际标准,有待进一步测试验证。

3.5 灵活的参数调整

通过测试时发现,当室外宏基站信号过强时,下载过程中从室外进入室内后始终无法切入室内信号,而当室内覆盖不理想时,下载过程容易从室内向室外切换。因此本

文对宏基站的异频测量启动门限进行了调整,适当提高了启动异频测试门限,使得终端能够较早发现异频,从而将话务尽早切换至室内。对于室内覆盖不理想的情况,通过降低室内基站的启动异频测试门限,使得终端能够较晚发现异频,从而将话务留在室内。

4 经济效益和社会效益分析

4.1 经济效益分析

目前各厂商分布式微微基站的主设备尚无明确的商务报价,因此通过传统 DAS 的造价来分析其相应的投资成本。由于在整个系统中,远端设备的技术集成度很高,且数量需求占比很大,因此其单价将决定该系统的整体造价,合理的远端设备价格将对该技术的应用推广起到极为

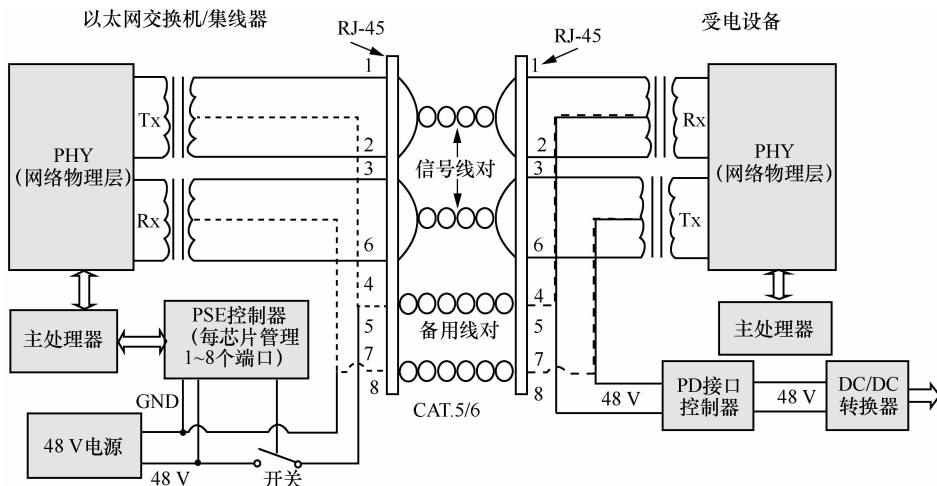


图 5 PoE 芯线供电示意

表 4 远端设备的单价对应

室内场景类型	单路/双路 DAS 每平米造价/元	对应单路 DAS 时远端设备单价	对应双路 DAS 时远端设备单价
空旷型	6.6/12.6	1 450 元左右	4 150 元左右
半开放型	7.5/14.5	1 150 元左右	3 400 元左右
密集型	9.36/17.3	850 元左右	2 750 元左右

重要的作用。

根据实际应用中 3 种较为常见的室内场景进行分析, 首先预估采用传统 DAS 进行单路和双路室分建设的造价, 再估算达到相同造价时采用分布式微微基站方式的远端设备单价(以 100 mW 设备为例)。估算结果见表 4。

根据以上数据可以看出, 远端设备单价与场景的相关性很大, 从成本控制的角度来看, 设备单价对于该系统今后的适用场景选取及进一步推广使用具有重要的意义。当采用 50 mW 设备时, 由于设备数量需求与传统 DAS 中的无源天线数量可比, 因此要求其单价更低, 方可具有成本优势。

由于分布式微微基站的施工难度降低, 建设周期缩短, 而且无需链路预算, 设计简单, 因此安装人工费和设计费将有所下降; 同时与同轴电缆相比, 光纤和网线的材料单价具有很大优势, 这将进一步降低分布式微微基站的室分造价, 从而带来更高的经济效益。

另外, 由于分布式微微基站方式的监控深度可达系统末端, 且与宏基站采用同一网管, 免去了单独开发网管的成本, 对提高运维效率、降低运维成本也起到一定的作用。

4.2 社会效益分析

采用基带馈入式光分布系统后, 原主干部分的馈线由光纤替代, 而平层的馈线由网线替代, 不再使用铜缆, 符合运营商“光进铜退”的整体发展战略; 同时采用微功率技术可以降低功耗, 实现节能减排。

以 4 万平方米的楼宇为例, 如采用传统双缆方式部署室内分布系统, 其 1/2 和 7/8 馈线总数将达到 4 000~5 000 m, 这些馈线所含的铜就有 1.5 t 左右, 按每年上海新建 300 栋楼宇的规模估算, 将节省 450 t 铜, 因此该室内覆盖解决方案将节约大量铜资源, 对实现社会可持续性发展有重要意义。

5 结束语

基于分布式微微基站的室内覆盖解决方案利用光纤和超五类线取代同轴电缆, 可以减少铜缆使用, 符合“光进铜退”发展趋势, 而且采用微功率技术可以降低功耗, 实现节能减排; 同时该系统支持多网络融合和 MIMO, 避免了射频分布系统的重复建设, 满足移动网络集约化发展的要

求。该创新节能的产品与解决方案, 符合低辐射、绿色环保的设计理念, 有效降低射频信号对人体健康的影响, 打造 LTE 无线宽带绿色网络, 为上海无线城市和智慧城市的建设提供强劲的推动力。

随着基带馈入式光纤分布系统的应用推广, 由该系统所覆盖的楼宇数量将达到一定规模, 它所具有的技术优势将向用户提供高容量、高质量、节能环保的 LTE 无线网络, 有效推进 4G 用户的业务拓展。另外, 与传统 DAS 相比, 光分布系统在物业协调、工程施工、后期维护、设备能耗等各项成本上都有所降低, 为上海电信创造良好的经济效益。

参考文献

1 张军, 杜喆. PoE 技术在 FTTH 建设中的应用和创新——上海“城市光网”技术创新和应用实践之一. 电信科学, 2012(3):132~137
Zhang J, Du Z. PoE technology's application and innovation in FTTH development. Telecommunications Science, 2012(3): 132~137

[作者简介]



韦炜, 男, 中国电信股份有限公司上海分公司网络发展部网络规划处中级工程师、移动网络规划主管, 主要研究方向为移动网络的规划和建设。



周峰, 男, 中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师、平台技术部移动网专业室主任, 主要研究方向为移动通信及网络大数据。

陆蓓隼, 女, 上海邮电设计咨询研究院有限公司无线综合勘察设计院高级工程师, 主要研究方向为无线室内覆盖的规划和设计。