

2014年12月 第12期

中兴通讯技术

Z T E T E C H N O L O G I E S

简讯

■ 专题:

5G先锋

5G时代物联网通信展望

V2X通信技术和智能交通系统

大规模多天线技术现状及研究热点

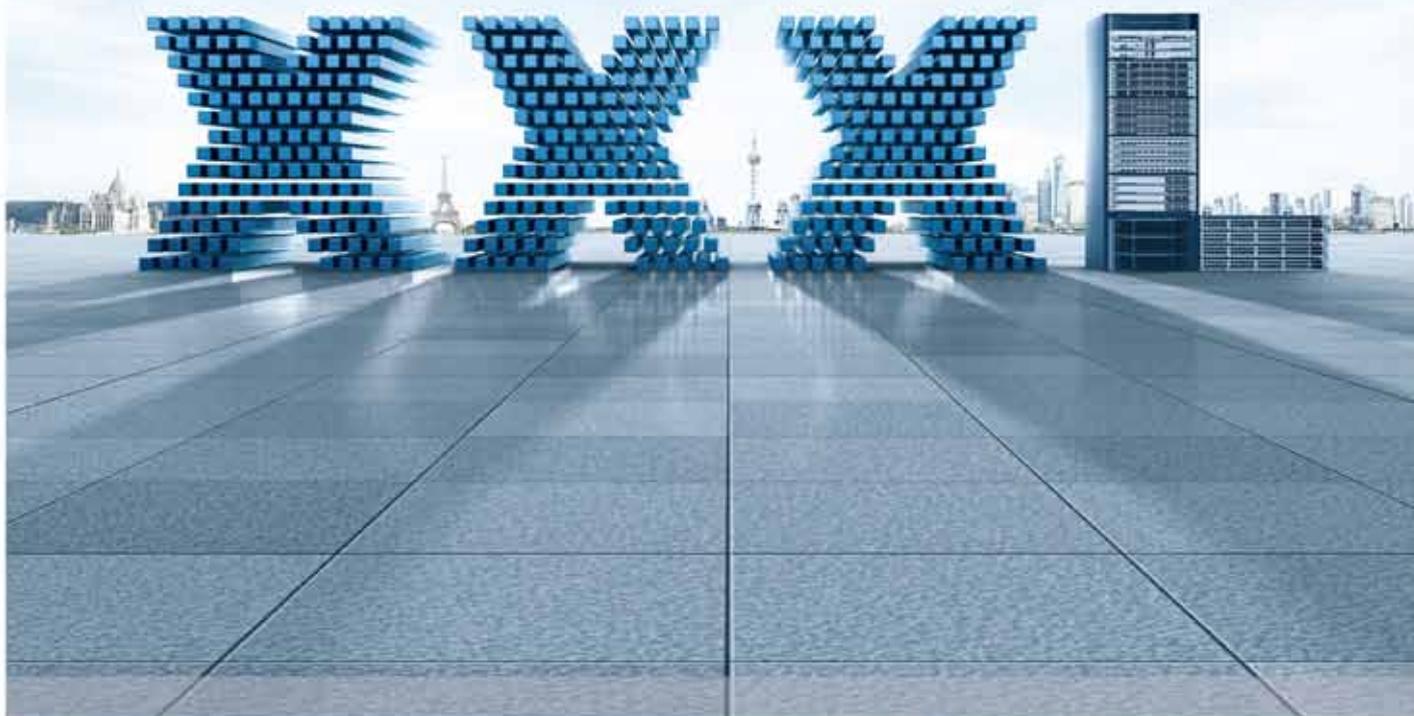


中兴通讯高级副总裁徐慧俊

ZTE中兴

容无限 天地宽

中兴通讯BigMatrix9900，交换容量204.8T，傲视同侪



专业赋予真智能——

中兴通讯BigMatrix系列交换机，真正面向大数据应用设计的交换平台。凭借业界领先的“链路锁”技术（MACSec+），构建数据中心超级安全堡垒。

大容量有大智慧。

ZTE中兴

第18卷 第12期 总第315期

中兴通讯技术(简讯)
ZHONG XING TONG XUN JI SHU (JIAN XUN)
月刊(1996年创刊)
中兴通讯股份有限公司主办

引领5G发展， 迎接M-ICT时代

《中兴通讯技术(简讯)》编辑委员会

主任:赵先明
副主任:陈杰 徐慧俊 朱进云
编委(按拼音顺序):
鲍钟峻 陈坚 崔丽
冯海洲 衡云军 黄力青
黄新明 江华 吕阿斌
李广勇 李爱军 李为朴
林荣 陆平 鲁薇
孙枕戈 王晓明 王喜瑜
辛胜利 许明 叶策
俞义方 张诗壮

《中兴通讯技术(简讯)》编辑部

总编:孙枕戈
常务副总编:黄新明
编辑部主任:刘杨
执行主编:方丽
发行:王萍萍

编辑:《中兴通讯技术(简讯)》编辑部
出版、发行:中兴通讯技术杂志社
地址:深圳市科技南路55号
邮编:518057
编辑部电话:0755-26775211
发行部电话:0551-5533356
传真:0755-26775217
网址:<http://www.zte.com.cn/cn/about/publications>

设计:深圳愿景天下文化传播有限公司
印刷:深圳市华冠印刷有限公司
准印证号:粤内登字B第13111号
出版日期:2014年12月20日

内部资料 免费交流

第五代移动通信技术(5G)将是M-ICT最重要的基础,其发展方向以“体验”为中心,在终端、无线、网络、业务等领域进一步融合及创新。5G的出现将可以满足更多的物联网连接数,以用户为中心构建全方位信息生态系统。“信息随心至,万物触手及”,5G将与其他成功商用的技术和谐共存,并渗透到人类生活的方方面面。

然而,5G从需求定义到真正商用还需很长时间,规模商用预计在2020年。现有的4G网络将难以满足未来5年移动互联网高速发展的接入带宽需求。基于2G/3G/4G移动通信技术的深厚积累和对5G的前瞻性研究,中兴通讯厚积薄发,提出完全可以利用5G核心技术为4G商用终端提供类似于5G的使用体验。

中兴通讯成为在业界第一家明确提出pre5G创新理念,并积极践行pre5G商用化的公司。

2014年11月,中兴通讯与中国移动密切合作,顺利完成5G核心技术Massive MIMO的外场测试,在pre5G的商用实践上迈出坚实的步伐。

作为5G阵营的先行者,中兴通讯从2009年开始启动5G研究,是5G全球标准研究活动的主要贡献者与参与者,中国IMT-2020(5G)推进组的核心成员。中兴通讯与全球众多领先运营商开展深度合作并建立研究创新联盟,在客户需求、场景研究、新业务应用、网络架构创新等方面开展深入合作,打造最贴合用户需求的最佳方案。

中兴通讯将在5G领域持续耕耘,与全球客户共同迎接全连接的M-ICT时代。

徐慧俊

中兴通讯高级副总裁



新闻资讯

- 03 中兴通讯全球首测Massive MIMO pre5G预商用基站
- 04 上海移动携手中兴通讯部署PTN自动激活系统 获评中移2014科技创新一类成果
- 05 中兴通讯荣获“智慧城市PPP创新融资方案”大奖

VIP访谈

- 08 用技术创新勾画5G蓝图——专访中兴通讯无线CTO 向际鹰博士 郑虹

视点

- 12 5G链路增强技术进展 徐俊

专题：5G先锋

- 15 5G时代物联网通信展望 谢宝国, 戴谦, 夏树强
- 19 V2X通信技术和智能交通系统 袁弋非, 霍迪
- 22 大规模多天线技术现状及研究热点 易巧, 王小鹏
- 24 空口降低时延关键技术 戴博, 夏树强, 石靖
- 27 无线网络侧虚拟化技术探讨 张芳

- 30 LTE/WLAN紧耦合架构及其应用前景

谢峰, 黄河, 余媛芳

成功故事

- 34 Telenor Pakistan勇夺巴基斯坦运营商KPI测评榜首 陈竹青, 索启明

技术论坛

- 36 4G网络技术新境界：跨制式CA及业界首创四模BBU

张燕

- 39 PTN业务自动激活，开启智能化业务新模式

郑盼

中兴通讯全球首测

Massive MIMO pre5G预商用基站

【本刊讯】近日，中兴通讯联合中国移动在深圳完成了全球首个TD-LTE 3D/Massive MIMO基站的预商用测试。该测试由中国移动研究院发起和组织，采用中兴通讯最新研制的64端口128天线3D/Massive MIMO的基带射频一体化室外型基站，测试结果基本符合预商用要求。

3D/Massive MIMO是5G的核心技术之一，利用多天线技术可以成倍提升无线频谱效率，增强网络覆盖和系统容量，帮助运营商最大限度利用已有站址和频谱资源。仿真表明，3D/Massive MIMO基站，吞吐率达到传统8天线TDD产品的4~6倍。中兴通讯重视5G的研究和开发，在系列关键技术上取得了突破性进展，特别是后向兼容4G、前向服务5G、产品商用能力、天线设计、工程便捷性、系统性能等方面有卓越的表现。不仅可支持中国移动4G主流频段，而且

可兼容现有商用终端，应用后系统容量可提升数倍。

中兴通讯的3D/Massive MIMO从设计之初就面向商用考虑，在体积、重量、成本、工程化、安装等方面作了很多周密设计。虽然天线数达到128个，但整机迎风面积与普通8天线接近。该预商用3D/Massive MIMO产品成功做到一个模块内部集成128天线、射频单元和基带。如此高的集成度，彰显了中兴通讯自研高性能矢量处理器芯片的商用能力。

本次测试重点验证了3D/Massive MIMO对高层楼宇的全面深度覆盖能力。3D/Massive MIMO天线则具有3D波束赋形能力，本次测试表明3D/Massive MIMO基站可全面深度覆盖35层的高层办公楼，且其数据吞吐率远远优于8天线基站，其中在35楼，其数据吞吐率是

8天线基站的3.36倍。该测试证明3D/Massive MIMO是一种解决高层覆盖的良好技术，仅用一个站即可解决传统基站多个站才能解决的问题。

对于室内穿透能力，测试结果证明Massive MIMO具备更高的波束赋形增益，表明中兴通讯的MIMO算法在覆盖性能上，不仅适于农村开阔环境，也适于城区、室内等复杂多径环境，超越了普通智能天线的能力。

中国移动研究院黄宇红副院长表示：“中兴通讯完成了3D/Massive MIMO预商用外场测试，测试结果令人振奋，无论进度还是结果都超过了我们的预期，加快了技术商用验证的步伐，深层次地挖掘了TDD网络的技术优势，中国移动将继续与中兴通讯进一步加强3D/Massive MIMO及其他5G技术方面的合作。”

中兴通讯成为NFV开源社区OPNFV董事会成员

【本刊讯】中兴通讯近日宣布其SDN/NFV首席架构师Dick Chen博士成为NFV开源社区OPNFV董事会成员，中兴通讯成为OPNFV项目白金会员。OPNFV是全球一流电信运营商、电信和IT综合方案提供商共同创建的开放平台项目，旨在建立运营商级的NFV（网络功能虚拟化）综合开源平台，加速业界NFV技术演进和商用进程。同时中兴通讯无线网络架构师Jun Zhang先生也将加入到OPNFV项目技术指导委员会，他将与项目其他技术专家一起推动OPNFV的技术创新和知识积累。

“市场需要SDN和NFV，它将为产业创新和加速新业务部署提供更多机会。”中兴通讯CTO赵先明博士表示，“全行业范围内在统一的NFV平台上合作，使我们能够解决首要的关键问题并建设一个共同的参考平台。这将有利于NFV解决方案建立一个基于开放标准和开源软件的开放式生态系统。”

“SDN和NFV技术给网络带来了过去20年里的最大转变。”OPNFV总裁Margaret Chiosi说，“我们需要像中兴通讯这样拥有技术雄厚实力和创新能力的成员合作，共同推进OPNFV和开源NFV取得成功。”

中兴通讯4G网络 全力保障首届 世界互联网大会

【本刊讯】2014年11月19日，首届世界互联网大会在浙江乌镇召开，全球互联网领军人物齐聚在此共商发展大计，中兴通讯携手三大运营商全力为互联网大会提供优质的4G无线宽带业务体验。

首届世界互联网大会规模大、规格高、会议密集，来自上百个国家及地区的上千位政经领袖、学者出席会议及活动。无线用户高度集中，短时间内大量的视频、图片、文字等数据将在会场、高铁、高速公路及景区通过无线网络传播。语音和数据的网络使用需求极高，对现场的宽带无线网络性能提出了巨大的挑战。

作为浙江移动嘉兴分公司3G/4G无线全网独家承建方，中兴通讯针对乌镇区域所有会场的覆盖，提供了无线精品网络解决方案。为了保障大会，中兴通讯进行了网络优化，并在主会场专门进行了400个终端用户并行业务的大压力测试和负载均衡测试，网络各项性能表现优异。同时，现场载波聚合功能验证结果表明，下行速率可达220Mbps，上行速率稳定在90Mbps。中兴通讯承建的沪杭高铁嘉兴段以及高速公路4G下载速率均可达30Mbps以上，达到业界领先水平。

同时，作为浙江联通、浙江电信杭州区域无线网络设备的供应商，中兴通讯为萧山机场及杭州到乌镇的高速公路的无线覆盖进行了全程保障和优化，网络各项性能稳定，满足大会需求。

中兴通讯T比特实时传输再创世界纪录

【本刊讯】近日，中兴通讯宣布在863某课题验收测试中，创造了全C波段满配置16×1Tbps信号条件下，仅用EDFA传输3500km的世界纪录，这一距离基本上可以满足现有各类陆地干线长距离传输需求。

N×100G系统已开始规模商用，超100G成为全球领先的运营商、设备商新的研究热点，超100G的频谱效率和长距离传输能力是商用前需要解决的技术难点。本次测试采用了基于中兴通讯先进的WDM/OTN产品平台开发的T比特WDM实时光传输系统，系统采用了先进的Nyquist WDM频谱压缩光调制和光相干接收损伤补偿技术，并集成了先进的超高速数据信号处理和软判决纠错编解码技术，频谱效率达到了4bit/Hz/s，实现了高

频谱效率和长距离传输的完美结合。本次测试在全C波段满配16Tbps信号的情况下进行，采用100km跨段，仅用EDFA，创造了24小时无误码实时传输3500公里的新记录。

中兴通讯承载网产品线副总经理陈宇飞表示：“本次实验，再次显示了中兴通讯T比特传输系统领先的技术实力。中兴通讯将帮助运营商达成系统容量的成倍增长并实现更远的传输距离，从而助力运营商获得持续的带宽增长，和最大限度地降低TCO。”

中兴通讯在100G及超100G领域技术积累深厚，截至目前，中兴通讯波分产品已经进入112个国家的328个运营商，100G商用项目达到150多个，线路总长超过10万公里。

上海移动携手中兴通讯部署PTN自动激活系统 获评中移2014科技创新一类成果

【本刊讯】近期，由上海移动与中兴通讯合作、业界首例商用部署的“PTN业务自动激活系统”被评定为中国移动集团2014年科技创新一类成果，这是继2013年获评上海移动一类科研项目成果后，在集团公司再次获得高度认可，并计划在其他省份推广。

为实现PTN业务配置时的效率提升，上海移动网运中心和中兴通讯携手在业界率先开展PTN激活领域的创新与科研工作。双方成立专项团队，对业务自动激活分析、研究、开发、测试并进行了实验室验证、现网验证。制定了《激活系统与中兴网管接口参数规范》、《激活系统与综资系统接口参数规范》等标准，“PTN业务自动激活系统”现网验证效果良好。

以LTE为例，该工具在2014年二季度LTE冲刺时发挥明显作用，效率提升显著，有效改善了业务步骤多、配置参数复杂、手工配置效率低的现象。通过PTN自动激活系统，PTN新装、拆除业务自动完成激活过程，有效提升了业务效率，例如，在系统使用初期，某项任务涉及160份LTE工单，原计划需要10人两天完成，改用PTN自动激活系统操作后，只需4人在当天就顺利完成工单任务。

上海移动网运中心评价：通过中兴通讯PTN自动激活系统建设可以将资管、调度、网管、设备纳入整个自动化流程。PTN自动激活系统体现了IT手段在运维效率提升的关键支撑作用，是推进PTN在LTE开通领域的关键成果。

中兴通讯荣获 “智慧城市PPP创新融资方案” 大奖



【本刊讯】11月17日，2014中国智慧城市发展高峰论坛在深圳高交会期间隆重开幕，论坛揭晓了2014年度“中国领军智慧城市TOP 20”等奖项的评选结果，中兴通讯不仅获得“智慧城市PPP创新融资方案”大奖，其承建的银川智慧城市项目还独家斩获“2014年度中国领军智慧城市”与“商业模式创新奖”两项大奖。

中兴通讯在银川智慧城市项目中，融合中外智慧，创新性地引入了政府购买服务、社会资本投入、专业公司运营的最新PPP商业模式（Public-Private-Partnership），建立多元化、多渠道、多层级的投融资体系，既解决了建设过程中巨额资金的来源问题，以及后期运营、维护与升级换代上政府难以跟进的问题，也让政府从基础设施公共服务的提供者变为

监管者，加快向服务型政府转型，从而有效提升城市管理水平，提高城市居民的生活满意度，实现了政府、企业、社会的多方共赢。

作为中国最早进军智慧城市领域的厂商之一，中兴通讯在解决“信息孤岛”、“千城一面”等行业突出问题方面有不少独到之处，其智慧城市系列解决方案已经在国内110多个城市及全球40多个国家获得广泛应用，得到了业内专家和各级政府的高度肯定并屡获殊荣。今年已获得法国TM Forum颁发的“Open Digital Award”大奖，作为唯一的中国企业获得“2014全球优秀智慧城市案例”美誉，并受聘为住建部、工信部的智慧城市产业联盟副理事长单位、全球城市信息化论坛的首位通信与智慧城市双料专家。

中兴通讯携智慧城市 方案亮相第16届高交会

【本刊讯】由国家发改委、工信部、科学技术部等十大部委及深圳市政府主办的第16届高交会，于11月16日至21日在深圳会展中心举行。本次高交会首设中国智慧城市专馆，并在同期举办中国智慧城市发展高峰论坛。作为在智慧城市建设领域拥有丰富经验的ICT厂商，中兴通讯展出多个解决方案并发表主题演讲，与业内专家同台论道，共话智慧建设。

中兴通讯此次参展依然延续“描绘城市 美丽中国”的主题，从城市管理、公共服务、产业发展等多个层面，展现M-ICT时代智慧城市的价值和建设成果。

在本次高交会上，中兴通讯展示了与南京市公安局交通大队联合构建的“青奥护城河”案例，通过在大数据平台基础上构建的一个公共安全保障平台，实现对人流、车流、物流数据的实时统计和监控，为青奥期间的交通管制和诱导规划提供了全面、高效的数据支持。

中兴通讯在智慧教育、智慧医疗、轻金融、智慧社区等民生息息相关的领域已经有了丰富的建设成果。其中，新推出的轻金融理念，涉及到目前非常火热的移动支付。只要手机具备NFC功能，通过装载App即可实现POS机功能，为商户及个人用户提供公共便民事业缴费、银行卡转帐、帐单支付、信用卡还款等多种交易方式，让民众不受时间和环境的限制，实现随时、随地、随心支付。

中兴通讯在交通、环保、旅游等多个垂直领域，已推出了相应的智慧城市解决方案并成功落地。

云南林业惠农云服务 上线 中兴通讯首推 行业级第三方支付



【本刊讯】2014年11月18日，由云南省林业厅与中兴通讯共同打造的“云南林业惠农云服务”上线暨《云南省林木权证》颁证仪式在西双版纳州盛大启动。云南省林业厅党组书记、厅长侯新华，中兴通讯高级副总裁庞胜清，西双版纳州委领导，西双版纳州政府领导等一同出席该仪式。

惠农云服务平台的启动是云南林业林权改革的一大举措，目的是帮助当地林业实现资源的数字化建设与移动互联网的结合，它的上线标志着云南林业向金融云时代迈出了关键性的第一步。

作为云南林业一站式服务平台，惠农云服务平台支持林业与信息化相结合，支持林权的数字化与管理，服务将覆盖云南16个地州129个县，借助手机等作为信息传递的载体，实现数字化林权信息和政府惠农政策等更快的传递到林农，随时随地为林农提供信息服务；并支持林业与电子商务相结合，通过林产业大宗电子交易平台的建立，形成林产品集中式在线交易，进而构建销售新模式。此外，惠农云系统支持林业与金融服务相结合，实现定制化的惠农金融服务，构建银行、保险等金融机构与林农的金融服务“直通车”。

空中互联网产业联盟成立 中兴通讯 联手国航开启民航互联网新时代

【本刊讯】2014年11月11日，由中国国航、中兴通讯等成员单位联手发起的空中互联网产业联盟（Air China WiFi Alliance，简称空中网盟）在珠海海泉湾酒店举行缔约仪式。空中网盟提出互联、飞行、新生活（Internet、Fly、New Life）的宣传口号，以推动中国空中互联网产业升级、提升航空旅客服务体验和推动联盟成员经营方式变革为宗旨。作为空中网盟的核心单位成员，中兴通讯高级副总裁、政企事业部总经理庞胜清表示：“将借助在地空宽带方面的综合优势携手产业各方打造全新生态链，共同推进国内民航互联网产业升级。”

除中兴通讯、中国国航外，新华社、中国银联、京东商城、新浪网、中国航协等民航网络产业硬件供应商、系统供应商、内容供应商、航空公司等龙头企业高层领导以及相关政府部门领导等出席本次缔约仪式。业内专家指出，随着产业链上下游企业的加入，以及乘客需求的不断提升，国内民航互联网产业将进入高速增长时期，未来5年将保持年均30%的增长速度，整个民航互联网产业规模将超过千亿。

在缔约仪式结束后，中兴通讯联合中国国航、航通公司举行联合发布会，正式启动地空宽带战略合作。

中兴通讯深耕欧洲市场 管理服务版图稳健扩展

【本刊讯】近日，中兴通讯宣布与两家欧洲运营商签署了新的管理服务合同，进一步拓展在欧洲市场的服务业务。新签约的合作分别是与荷兰最大的运营商KPN签署的语音信箱托管，以及在卢森堡与移动虚拟运营商JOIN Experience签署的综合管理服务，合同内容涵盖其全网运营、维护和部署等一系列业务。

中兴通讯将负责KPN语音信箱业务的整体托管和维护。根据为期三年的合同，中兴通讯德国服务公司将提供所有相关的管理服务，负责荷兰移动用户语音信箱业务的运维。中兴通讯德国服务公司已于2014年11月1日开始接管KPN的语音信箱托管业务。

2009年底，KPN集团选择中兴通讯作为其德国、比利时分支的3G网络供应商，随后又扩展至4G网络，现已成为KPN比利时最大的无线设备厂家。双方的

合作范围从网络接入设备扩展到核心网设备部署，并进一步扩展到管理服务交付。

根据与JOIN Experience的综合管理服务合同，中兴通讯德国服务公司将全权负责其卢森堡和比利时的网络运营、无线网络端到端性能监控、核心网的部署和维护以及故障排除、维修、测试和软件升级等。根据新签署的合同，中兴软创将为JOIN所属网络提供一套完整的计费 and 支付管理系统。

中兴通讯全球服务业务已经成为中兴通讯的重要收入之一。2009—2013年复合增长率超过32%，其中，管理服务达到42%，全球累计签订超过140个管理服务合同。尤其在欧洲市场，管理服务业务稳健发展，近几年，中兴通讯分别为奥地利H3G、波兰Polkomtel、西班牙Jazztel、德国E-Plus等运营商提供了综合管理服务。

中兴通讯明确5G发展方向 展示pre5G与5G发展蓝图

【本刊讯】2014年11月6日，“未来移动通信论坛5G峰会”在北京举行，大会由863计划5G项目总体组专家中兴通讯朱伏生博士参与主持，中兴通讯无线CTO向际鹰博士作了题为“ZTE 5G Perspective”的发言。这是继今年6月业界首次提出pre5G理念后，中兴通讯进一步对pre5G进行了细化阐述，并对5G中若干热点技术做出展望，展示了pre5G与5G的可实现性蓝图。

中兴通讯指出pre5G有四个特征：一，类似于5G的用户体验，例如高吞吐率和低时延；二，采用5G的关键技术；三，基于4G已有UE；四，远远早于5G商用时间点。要同时具备这些特征，需要在

技术细节上作大量的攻关和创新。目前，中兴通讯已经在pre5G技术方面取得了突出进展。这客观上得益于中兴通讯作为全球领先的电信设备供应商，对4G和5G的深入研究与理解。

面对“5G尚未确定，如何定义pre5G”的问题，向际鹰博士指出：从“5G标准”的角度看，确实远远没有确定，但是“5G的用户体验”和“5G的关键技术”则相比之下更为清晰。这是因为，任何新标准定义之前，都必须首先定义需求和体验，并在远远早于标准制定之前完成关键技术选型。向际鹰强调：“因此，在没有5G标准的情况下定义pre5G完

全是可能的，况且名字并不重要，重要的是其中包含的内容。”

中兴通讯是5G全球标准研究活动的主要贡献者与参与者。作为中国IMT-2020（5G）推进组的核心成员，中兴通讯牵头负责超过30%的5G课题研究任务，如面向IEEE的5G技术研究、5G的网络架构研究、5G物理层突破性技术研究等。在运营商合作方面，中兴通讯已经与全球众多高端客户开展深度合作并建立研究创新联盟，在客户需求、场景研究、新业务应用、网络架构创新等方面开展深入合作，力求打造最贴合用户需求的最佳方案。

中兴通讯携手广东移动为珠海航展通信保驾护航



【本刊讯】2014年11月11日至16日，第十届中国国际航空航天博览会在广东省珠海市航展中心隆重开幕。本届航展的规模为历届之最。

航展期间，大量观众聚集到航展中心，共同欣赏这一航空盛宴。6天时间内展区人数超过60万，其中11月15日公众开放日展

区人数超过18万，创历史新高。如此庞大密集的观众，给珠海4G网络带来了严峻的考验。

为保障用户感知和通信顺畅，广东移动和中兴通讯联合成立了4G网络保障团队，针对本届航展的保障特点，结合现网实际情况制定了详实的保障策略，以保证活动期间的用户感知。在强有力的联合团队运作下，通过保障团队6天的联动监控，终于换来了用户的良好感知和体验，先后得到多家媒体及参展商的肯定。

11月14日公众展第一天，在开放时间根据后台数据统计显示：RRC连接建立成功率达到99.71%；无线网络接通率达到99.70%，系统内切换成功率达到99.49%。

中国移动目前正在建的4G网络是全球最大的LTE网络，广东移动携中兴通讯成功完成了第十届航展的通信网络保障工作，充分展示了中国移动4G品牌的领导地位，也体现了中兴通讯专业的设备及服务品质，中兴通讯将不断为中国移动4G网络发展保驾护航。

用技术创新 勾画5G蓝图

——专访中兴通讯无线CTO向际鹰博士

本刊特约记者 郑虹



随着移动宽带网络渗透到社会的各个领域，人们对全连接、提升上千倍容量的第五代移动通信技术5G充满了期待。然而，5G从需求定义到关键技术路线都还有很多值得探讨的问题，业界认为商用将在2020年以后。中兴通讯无线CTO向际鹰博士在2014年6月荷兰召开的全球5G技术峰会上首次提出Pre5G概念，首次把5G技术提前到了4G时代，引起业界很大反响。针对Pre5G以及在5G演进上中兴通讯的进展，本刊记者采访了向际鹰博士。

Q：中兴通讯是如何看待5G技术的，5G的发展路径会是怎样？

A：3G技术以码分多址为关键特征，4G技术以OFDM和MIMO为关键特征，然而截止到目前，能够明显标识5G的单一技术尚没有出现。中兴通讯认为，5G的关

键特性很可能不再是单一技术，而是一系列技术组成的技术族。这样的技术族，从目前来看，至少包括Massive MIMO（大规模多天线）、UDN（ultra-dense network）、高频技术、多用户共享接入（例如中兴通讯提出的MUSA，multi-user shared access），以及协同组网技术。对上述技术，业界争议不大。5G还可能包括一些当前有一定争议的技术，例如FTN（faster than Nyquist）、FBMC（filter-bank multi-carrier）、多元域编码（multi-domain coding）等。同时，5G将是一个融合多种无线接入技术（包括现有技术研究和革命性的新技术），并包括SDN、NFV化核心网的智能化网络。

另外，中兴通讯认为，从3G到4G，人们一夜之间感受到性能大幅提升，但从4G到5G，更可能是一个逐渐提升的过程。首先，5G设计会考虑到4G的后向兼容性。从R14开始，5G的一些技术逐渐进入到标准中去。

Q：5G技术到底是革命型的还是演进型的？哪些技术属于5G，哪些技术属于4G，如何判断？

A：经常听到针锋相对的两种意见，一种意见认为5G是演进型技术，一种意见认为5G是革命型技术。中兴通讯认为，之所以存在这种截然相反的两种意见，正是因为5G没有标识性的单一技术，而大多数5G核心技术都介于“演进与革命之间”的边缘地带，加之“演进与革命”是个主观判断，因此观点各异。

好比一个学生考了第一名，99分，那么“成绩好”这个判断就没有争议。如果他考了倒数第一，40分，那么“成绩差”这个判断出没有争议。然而如果考了70分，排名中间，而又一定要给出“好”或“差”两种主观评价之一，则出现截然相反两种判断就不可避免了。



简单地说，Pre5G包含4个要素：一，采用5G的技术；二，提供远好于4G，接近于5G的用户体验（吞吐率、延迟等）；三，远远早于2020年；四，可基于现有空口，甚至采用4G的老终端实现。

但是，最终仍然需要定义5G，怎么办？中兴通讯认为，对于“哪些技术叫5G，哪些技术叫4G”，更可能以“枚举”的方法进行定义，而不是以单一的指标性要求进行判断。当然，作“枚举”的这个部门，必须有足够的权威，例如3GPP。

Q：在今年6月荷兰举办的全球5G技术峰会上，中兴通讯第一次提出Pre5G概念，Pre5G概念产生的背景是什么？如何理解Pre5G概念？

A：其实Pre5G是客户需求驱动出来的概念。首先，客户普遍反映，研究至今，仍没有关于5G确切的、权威的定义出现。其次，2020年太久远，大部分客户认为目前没必要立即关注5G。

当中兴通讯提出“Pre5G概念”后，人们发现原本迫切需要的“准确的5G定义”变得不那么迫切了。并且，由于Pre5G可基于4G终端很快实现，所以立即与很多人都息息相关，不再是实验室的远期技术了。

Pre5G在传统的“演进型”“革命型”二选一判断基础上加入了第三种状态，更易于形成统一的判断。

简单地说，Pre5G包含4个要素：一，采用5G的技术；二，提供远好于4G，接

近于5G的用户体验（吞吐率、延迟等）；三，远远早于2020年；四，可基于现有空口，甚至采用4G的老终端实现。

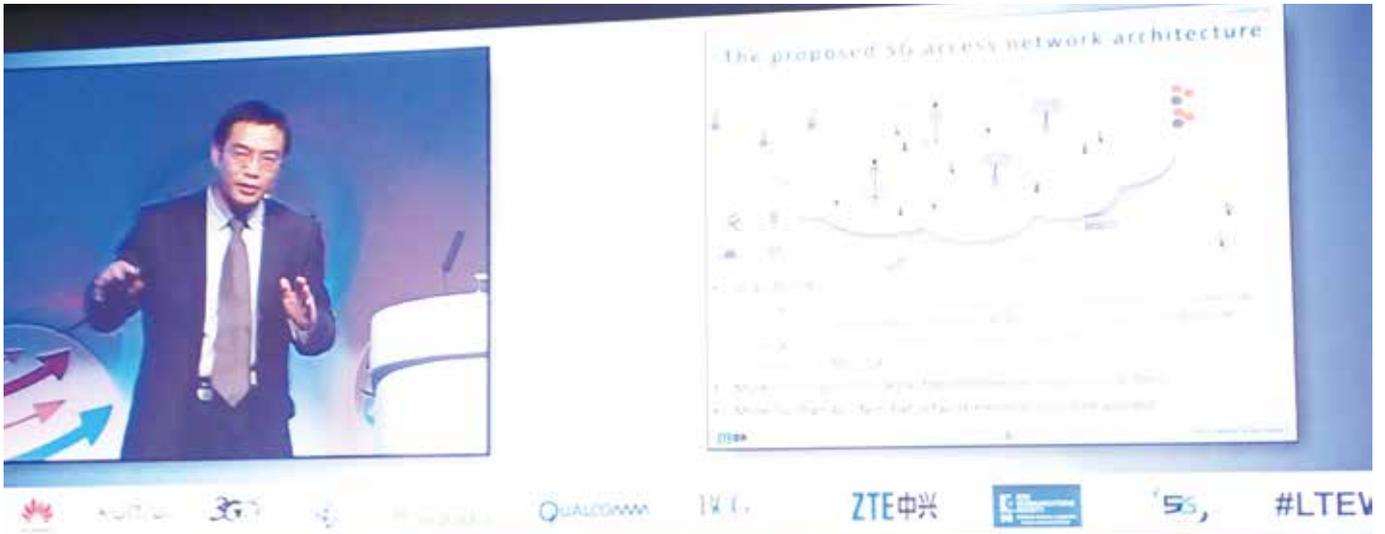
有人质疑说，5G还没定义，如何定义Pre5G？我们认为，5G虽然从标准角度确实没有定义，但从需求和关键技术方面，已经定义得比较完善了，所以基于一部分公认的5G技术，以及公认的5G需求，定义Pre5G是完全没有问题的。

目前，中兴通讯已经在Pre5G技术方面取得了突出进展，相关Massive MIMO、UDN技术已经具备商用能力，这客观上得益于中兴通讯作为全球领先的电信设备供应商，对4G和5G的深入理解。

Q：前不久，中兴通讯全球首家完成了Massive MIMO预商用基站的测试，能具体讲讲这个技术和这个测试的意义吗？

A：Massive MIMO是5G中最重要的核心技术之一，甚至可称为唯一成倍提升频谱效率的技术（UDN、高频只提升空间利用率，不大幅改变频谱效率）。

Massive MIMO的作用主要有两个方面：一是对广播信道（CRS、PBCH等）可形成半动态的针对性覆盖，相对传统天线的静态覆盖而言，覆盖更合理，针对性更强；二是对PDSCH，可形成完全动态的数字波形，从而大幅度提升小区容量。



相比于8天线，容量提升达到4~6倍之多。这与5G预期的8~10倍频谱效率提升相比，已经非常接近了。

Massive MIMO将天线数从传统的8个，提升到接近甚至超过100个。因此4G传统的信道反馈机制的开销非常大，甚至仅参考信号（RS）就占80%资源。为此，5G中必须大幅度修改4G的信道反馈机制，从而变成一个远期技术。然而进一步研究表明，在TDD模式下，可利用上下行对称性，通过上行的sounding信道估计下行信道，从而在无反馈的情况下，支持任意多路信道测量。相比于直接反馈模式，这种方式由于消除了码本的量化误差，且更快速，因此性能更好。

2014年11月，中兴通讯联合中国

移动完成了全球首个Massive（3D）MIMO基站的预商用测试，采用中兴通讯64端口128天线Massive（3D）MIMO的基站。该测试最大的亮点是，采用成熟商用的4G终端，并且采用一步到位的预商用基带射频天线一体化的室外站，高集成度得益于中兴通讯高性能的矢量处理基带芯片。

在高层覆盖测试方面，Massive（3D）MIMO在35层数据吞吐率3.66倍于8天线基站。在深层覆盖测试中，在RSRP相近的情况下，Massive（3D）MIMO的实测吞吐率达8天线的1.52倍，

表明PDSCH具有预期高增益，且中兴通讯的MIMO算法已经一步到位地同时适用LOS（视距传输）和NLOS（非视距传输）的场景。

Q：中兴通讯在Pre5G其他关键技术方面有哪些进展？

A：中兴通讯作为一线设备供应商，对4G和5G都有深入的理解，因此在Pre5G的大部分技术中都取得了突出进展。

UDN是5G关键技术。5G UDN中，与4G中更多关注宏宏、宏微（Hetnet）干扰不同，微微干扰成为主要矛盾。从原理上可沿用中兴通讯在4G宏网中的Cloud Radio技术。

中兴通讯在5G UDN阶段的Cloud Radio中，提出了Virtual Cell技术。由网络动态生成针对特定用户的“UE ID”，从用户看来，感知上等同于有一个虚拟的逻辑站点一直跟随自己的移动，因此业务的平滑性、性能都有大幅度提升。

MUSA是中兴通讯提出的一项5G技术。传统的通信技术（例如4G），都是采用“正交”的方法区分用户，即，不同的用户分配不同时间、子载波，或空间，互不重合。而MUSA则为每个用户分配一个码序列，然后把这些用户分配到同一个时间、子载波，或空间上。与传统的3G码分多址不同，MUSA为用户分配的码可以是不正交的，只起扩频作用。那么如何区分不同用户的信号？就需要借助于SIC接收技术（successive interference cancelation）。例如对于两个用户，一个远一个近，传统通信方法只能在几乎完全牺牲远端用户的情况下获得最大系统容量，但MUSA则可以一个相对较宽松的条件下，保证较大的系统容量，同时保证用户之间的均衡性。中兴通讯MUSA的特色在于：性能提升明显并且复杂度可控，可支持大量用户接入，而且，原则上不需要同步，有利于提升电池寿命。因此MUSA的上行技术非常适合于MTC物联网应用。

此外，中兴通讯投入巨资开发4G矢量处理器芯片，由于该芯片平台具有灵活的可软件扩展架构以及超强的处理能力，所以能够在硬件不变，简单地调整指令集的情况下，就可满足Pre5G甚至5G的要求。

Q：Pre5G技术之后，真正的5G技术有哪些？中兴通讯的研究情况如何？

A：对于Pre5G和5G技术，中兴通讯都投入重兵，两个阶段有很大的继承性。其实



2014年11月，中兴通讯与中国移动密切合作，顺利完成Pre5G核心技术Massive（3D）MIMO的外场测试，在Pre5G技术的商用实践上迈出了坚实的步伐。

刚才提到的几乎每一项Pre5G技术，都有对应的5G阶段。

例如Massive MIMO，在Pre5G阶段，主要基于TDD信道对称性，采用非反馈模式。而到5G阶段，可以不依赖于信道对称性，采用反馈模式。中兴通讯在5G Massive MIMO主要研究反馈信息的压缩感知，并取得了不少成果。简单地说压缩感知就是利用信道在时域、频域、空域上的稀疏性，对参考码（RS）、PMI等信息进行压缩和还原，从而在可以接受的开销下，传送上百个天线的信道信息。

对于高频通信，由于衰落特点、多径特点不同，因此空口定义需要进行相应调整，例如为了适应更大的多普勒频移，需要采用更宽的子载波，相应地，子载波数减小，符号减少，CP也需要减少。

此外，中兴通讯对目前比较热门的30G频段也有自己的分析。如果30G能够作室外应用，那么应该把50G也划归同样场景，因为，30G和50G的路损差只有大约3dB，而这相对于30G和2G的24dB路损差来说，实在不算什么。另外有人提出30G存在氧衰波谷，适于无线通信，但仔细看氧衰曲线就可以发现，30G的波谷其实只有0.5dB/km，折算到典型的覆盖距离，连0.1dB都不到，完全可忽略不计。中兴通讯建议把频段放

宽到50G，而不是60G，是因为60G有巨大的氧气吸收峰。

此外对于FBMC、FTN、多元域编码、MTC、D2D等技术，中兴通讯也都投入了相当大的研究力量。

Q：中兴通讯在5G研究方面取得了哪些标志性进展？

A：2009年起，中兴通讯已开始5G相关技术的研究，比如软件定义空口（SDA）技术等。

中兴通讯是5G全球标准研究活动的主要贡献者与参与者。作为中国IMT-2020（5G）推进组的核心成员，中兴通讯牵头负责超过多项5G课题研究任务。

2014年5月，中兴通讯在4G Cloud Radio架构的基础上，率先发布了基于动态Mesh的全新5G接入网架构。

2014年6月，中兴通讯提出MUSA技术。

2014年6月，在全球首届5G论坛上，中兴通讯首次提出Pre5G概念，引起业界热议。

2014年11月，中兴通讯与中国移动密切合作，顺利完成Pre5G核心技术Massive（3D）MIMO的外场测试，在Pre5G技术的商用实践上迈出了坚实的步伐。 **ZTE中兴**



徐俊
博士，高级工程师，中兴通讯链路增强研究课题负责人；具有10多年的标准预研经验，主要研究方向为编码调制、MIMO技术等。

5G链路增强技术进展

徐俊（中兴通讯）

随着业界对未来5G需求讨论逐步深入，业界对5G的核心诉求逐步归类到系统性能增强和新业务支持2大主题上，现在普遍的共识是未来5G网络要能够满足如下一些基本需求：

- 网络容量提升1000倍；
- 单用户速度提升10~100倍；
- 业务时延降低1/5；
- 网络终端连接数提升1000倍；
- 网络支持一些新兴业务——D2D（Device to Device）、MTC（Machine Type Communication）/V2X（Vehicle to X）、可靠通信等。

放眼这些5G核心诉求，绝大多数都与无线链路息息相关。加强无线链路增强

技术研究、提升无线链路性能是5G技术演进的核心技术方向。本文对现在业界关注较多的无线链路层技术研究方向进行了分类介绍，并介绍了中兴通讯的技术观点及研究进展。

中兴通讯对5G链路增强潜在关键技术认识

无线链路层技术是无线通信的技术关键，涉及的技术点比较多，现在业界对无线链路增强研究集中在如下一些领域：Massive MIMO技术、新型多址接入技术、新型编码调制技术、增强HARQ技术、网络编码技术、先进接收机技术、虚拟MIMO技术。

- Massive MIMO技术

为了获得更高的频谱效率，Massive MIMO通过在基站侧配置数量众多的天线阵列（从几十至几千），获得比传统天线阵列系统（天线阵列数不超过8个）更为精确的波束控制能力，然后通过空间复用技术和抑制干扰技术，进一步提高系统容量，如图1所示。信道信息获取、天线阵列设计、码本设计、参考信号设计等关键技术是有待研究的。中兴通讯认为，多点协作传输CoMP本身就是一种分布式天线的Massive MIMO，集中天线的Massive MIMO只是CoMP的自然延伸。

● 新型多址接入技术

非正交多址技术（NOMA）的原理是发射侧信息通过“功率域”或“码域”叠加，接收侧使用“SIC或类ML”解调。NOMA技术可以在有远近效应的场景中，既能保证用户间的最大公平性，又能取得系统的最大和容量（maximum sum rate）。目前，NOMA技术的主要形式包括功率域NOMA和码域NOMA。对于功率域NOMA，功率域一定程度上可以认为是时/频/空域的扩展，使得系统在一定时/频/空域资源下容纳更多用户接入。码域NOMA包括低密度码分多址和交织多址两

种主要形式。NOMA主要适用于用户过载场景、接入严格同步不容易实现的场景和基站天线数目比较少的场景，比如：超密集网络、大范围密集用户场景、直联通信D2D、物联网通信MMC、传感器网络。

滤波器组多载波技术（FBMC）属于频分复用技术，通过一组滤波器对信道频谱进行分割以实现信道的频率复用。FBMC系统由发送端综合滤波器和接收端分析滤波器组成。我们认为，与OFDM比较，FBMC可以更加显著地减少带外泄露，特别适合于动态频谱共享的场景；FBMC/OQAM可以不需要循环前缀（CP）保护，提高系统效率；FBMC对上行接入信道同步要求更低。

● 新型编码调制技术

为了提高可靠性、增加吞吐量和降低延迟，具体地我们建议对多元域编码、网格编码调制、低码率的中短码、基于错比特率/错块率估计的新型的链路自适应编码调制、吉比特超高速译码器、物理层包编码等技术加以重点关注。

● 增强的HARQ技术

为了增加吞吐量和降低延迟，5G系统要求减少HARQ（Hybrid Automatic

Repeat Request）重传次数、降低MAC层的延时、减少反馈开销以及改善重传性能。基于增强反馈的HARQ或包编码等技术可以降低延迟和减少重传次数；新的码字比特选择重传机制可以改善重传性能；新的反馈信道设计方案以及迭代接收机可以减少反馈开销。

● 网络编码技术

网络编码的基本思想是：允许网络中的节点对接收到的信息合并后再传输，中继节点对来自不同链路的信息进行编码组合，使得网络节点既具有路由功能又具有编码功能。传统的数据传输策略是信源产生数据，中间节点进行复制、存储和传输，接收节点接收数据，数据之间是独立、不相关的。而网络编码推翻了独立比特不能被压缩的经典结论，指出网络信息流可以被压缩，从而进一步提升网络的频谱效率和吞吐量。

● 先进接收机技术

根据摩尔定律，在未来的几十年内，移动终端的计算能力仍将持续、快速增长。首先，在4G线性接收机基础上，5G系统可以进一步考虑IC类接收机和迭代类接收机、最大似然/最大后验概率ML/MAP类接收机等。其次，5G系统可以进一步考虑联合优化接收机（如信道估计、信号检测、译码的联合优化）等更先进、更复杂的接收机。最后，5G系统可以进一步考虑特定应用场景的接收机，比如：基于压缩感知原理的MMC接收机、适应高速移动的接收机等。总之，先进接收机可以提升系统的频谱效率和吞吐量。

● 终端的虚拟MIMO技术

中兴通讯认为，伴随D2D技术在5G系统中广泛应用，下行虚拟MIMO可以将多个本地用户的接收天线共享，形成一个虚拟的单用户SU-MIMO接收机或者接

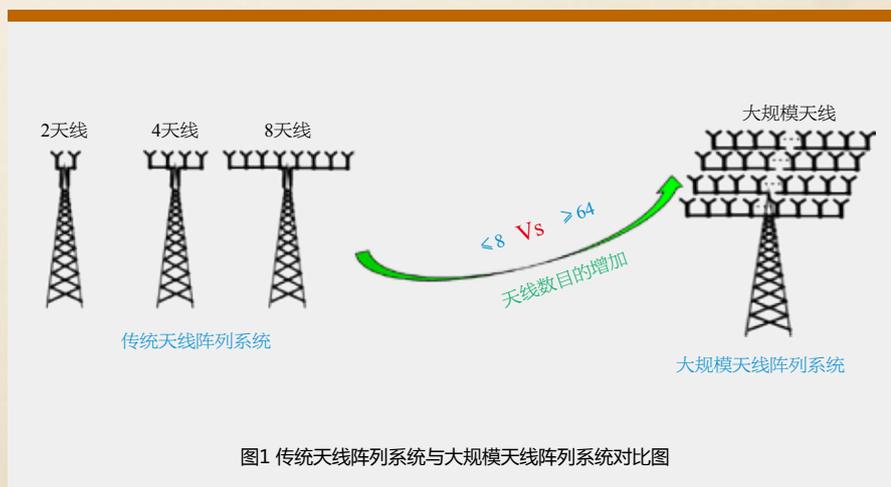


图1 传统天线阵列系统与大规模天线阵列系统对比图



收分集接收机（见图2），可以明显提高从宏基站到终端的链路容量和可靠性。对于虚拟的SU-MIMO接收机，由于SU-MIMO对于传统MU-MIMO可以获得最佳的链路性能，这对改善用户比较密集的热点地区的通信状况有非常大的好处；对于虚拟的接收分集接收机，同一小区边缘位置的多个用户的接收天线可以共享，可以改善小区边缘覆盖。该技术可以提升系统的频谱效率和边缘可靠性。

中兴通讯5G链路增强研究进展

Massive MIMO技术方面，中兴通讯主要研究高维码本设计、参考信号设计、天线阵列设计、与CoMP的关系等。中兴通讯提出了两种码本模型方案，较好地解决了传统码本精度低、开销大的问题；提出基于压缩感知的参考信号设计，较好地解决了导频开销过大的问题；建立链路级仿真平台和系统级仿真平台，在以上领域分别完成多篇研究报告和专利。

新型编码调制技术方面，对于新型链路自适应，中兴通讯提出了基于译码软信息的差错估计可以实现快速的链路自适应，解决了传统的信道状态信息CSI反馈不精确和开环链路自适应OLLA的周期较长的问题。对于多元域编码，中兴通讯提出新的多元域LDPC码的编码方案以及新

型编码调制方案，与业界比较具有更低复杂度和更好性能。对于超高速译码器，现有LDPC码的分层译码在跨层时需要等待时间处理完一个流水，中兴通讯设计的LDPC码方案很好地处理等待时间，在性能不变和相同硬件复杂度条件下可以实现效率（或速度）翻倍。中兴通讯设计了基于编码块的包编码方案，不仅增强性能而且适合快速流水线实现。

中兴通讯对编码调制的上述领域以及网格编码调制（Lattice码）和短码都建立了链路级仿真平台，在超高速译码器领域建立硬件平台，分别完成多篇研究报告和专利。

增强的HARQ技术方面，为了减少重传次数和延迟，中兴通讯提出了基于软ACK/NACK的重传方案和基于包编码的重传方案；中兴通讯还提出了新的冗余版本定义，可以改善自适应HARQ重传性能。中兴通讯在所有领域不仅建立链路级仿真平台而且建立系统级仿真平台，个别领域还建立了原型验证平台，完成多篇研究报告和专利。

网络编码技术方面，中兴通讯主要研究上行Relay场景下网络编码应用、同构网中网络编码应用、异构网中应用双向Relay网络编码应用、D2D通信中网络编码协助应用、Small Cell场景中网络编码应用。中兴通讯在所有领域不仅建立链路

级仿真平台而且建立系统级仿真平台，个别领域还建立了原型验证平台，并且进行了知识产权方面的积累。

先进接收机技术领域，中兴通讯主要研究IRC接收机、SIC接收机、ML接收机、上行MIMO多址迭代接收机、单天线干扰消除、联合优化接收机。中兴通讯在所有领域建立链路级仿真平台，在IRC接收机、SIC接收机和ML接收机领域建立系统级仿真平台，完成多篇研究报告和专利。

新型多址接入技术方面，中兴通讯主要研究和评估了功率域NOMA、低密度码分多址、滤波器组多载波等。中兴通讯提出了MUSA（multi-user shared access）即多用户共享接入技术，基于码分的设计思想可以大幅度提高接入用户数，新设计的码序列使得网络容量得到明显提升，延长了电池寿命；建立了链路级仿真平台或系统级仿真平台；在以上领域完成多篇研究报告和专利。

虚拟MIMO技术方面，中兴通讯通过系统仿真研究评估了虚拟MIMO技术，仿真结果表明终端侧的虚拟MIMO可以明显提升宏站到终端的容量；提出了协作的中继节点云的新概念，并且提出使用虚拟MIMO技术大幅度增加宏站到中继节点云的回程链路的容量；并完成多篇研究报告、论文和专利。

我们认为未来的5G会产生多元化的需求，5G链路增强技术研究将以关注5G的主要场景和需求为出发点，不同的场景和需求会选择不同的链路增强技术。

中兴通讯针对未来5G链路增强的各个方向开展深入研究，某些领域取得较大进展。未来5G是个影响深远的系统，它必将改变我们的生活方式和产业格局。中兴通讯正在和产业界及高校多方紧密合作，共同为未来5G发展做出贡献。 ZTE中兴



5G时代物联网通信展望

谢宝国，戴谦，夏树强（中兴通讯）

5G时代，随着电子银行、电子教学和电子医疗等核心服务的普及，网络社会的发展将带来移动和无线流量的激增。这意味着到2020年，数据流量将比2010年增长1000倍。此外，人机之间的混合通信将带动流量增长，高效、便捷和安全地访问和共享信息变得异常重要。物联网和其他新型创新应用的出现将催生数百亿个互联设备出现，产生前所未有的多样性要求和与无线连接性相关的应用场景。

4G时代提出连接全球50亿个物品，

而5G时代更要构建1000亿海量连接世界，绝大多数消费产品、工业品、物流等都可以与网络连接，通过5G网络支撑海量的“物体”无线联网。5G物联网云还将与云计算和大数据技术结合在一起，使得整个社会充分智能化。

在5G时代，可预见的用户需求有：互联终端设备数量将增加10到100倍；低功耗大型通信设备的电池使用寿命将延长10倍，传感器或传呼机等终端设备的电池使用寿命将达到10年；支持超快速响应应用，如“触觉互联网”，实现低于1~5ms

端到端时延，并具有高可靠性。对物联网而言，其主要应用场景在于智能工业、智能农业、智能交通、智能电网、智能家居、智能城市、车联网等多个信息化应用，因此机器类通信对5G网络的基本需求集中在巨量终端接入、超低时延，高效连接，低成本、低功耗，超可靠，全地域覆盖几个方面。

MMC组网结构

MMC (Massive Machine Communication) 网络结构涵盖终端侧、

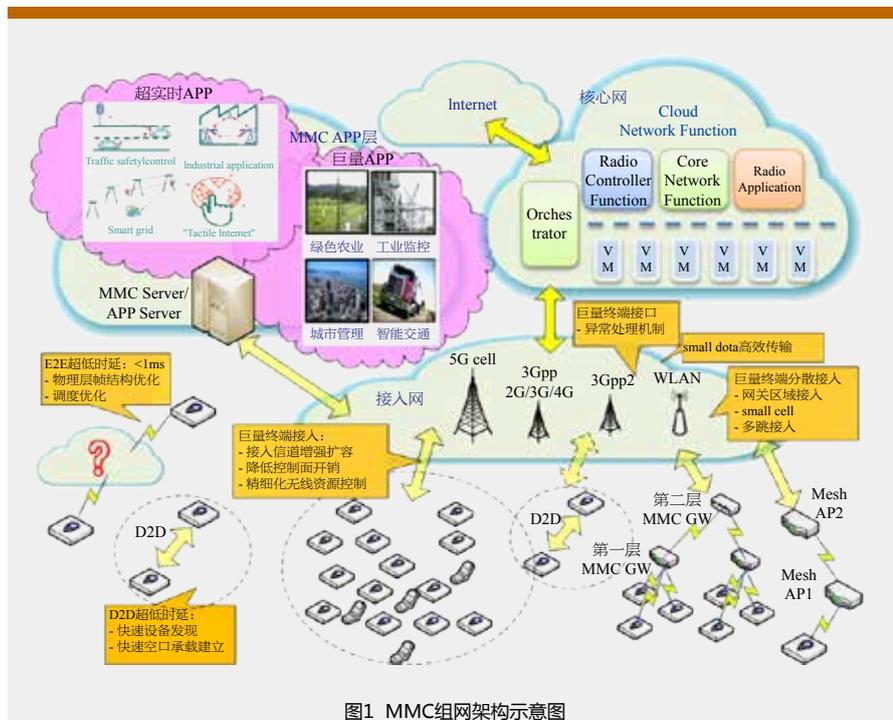


图1 MMC组网架构示意图

表1 MMC终端业务类型分类（部分）

业务类型	实例	时延容忍量级	同时触发数量	业务触发间隔
1	远程医疗	小	少	长
2	交通管控	小	多	短
3	智能抄表	大	少	长
4	灾难监控	小	多	长

接入侧、核心侧、业务侧等多个网络层面，为满足MMC业务需求，每个网络层面都有技术升级或革新性的技术进行支撑（见图1）。终端层面，为优化网络资源及全网覆盖，可采用D2D（Device-to-Device）技术实现多跳接入网络，或终端间直接进行数据传输。终端侧也可以自组网，通过物联网终端网关接入到5G网络。接入侧网络采用Small Cell接入、UDN超密集接入、业务网关及转发面下沉、多

RAT协同等技术，为端到端超低时延传输及巨量终端接入提供技术保障。核心网侧采用NFV技术及SDN技术，各个网络功能应用在虚拟机上运行，网络资源动态调度，并采用统一的控制平面进行集中式控制。转发平面按流表动态转发data flow，采用业务链的方式提供按需的业务应用。

巨量终端接入技术

5G时代是万物通信大发展时期，接

入到5G网络的终端数量呈现爆发性增长，这对5G网络的终端接入机制提出了更高的要求。一方面从接入容量上进行质的提升，满足大规模终端入网并提供高带宽的流量，保证用户体验及满意度。另一方面，由于机器类终端各式各样的特性需求及应用，如业务特性（视频、语音、数据流）、优先级特性、移动性特性、实时性特性等差异化需求，需要采取无线资源精细化控制，针对不同特性的终端进行差异化的无线资源控制与移动性管理，最大程度高效使用网络资源。

PRACH增强技术

MMC系统首先需要解决如何满足海量终端接入系统的需求。现有LTE系统中的随机接入方案是一种基于Slotted-ALOHA的衍生方案，如果将该方案应用在MMC系统，为了能够支持更多的MMC终端，最简单的优化方案就是为MMC终端分配更多的随机接入资源（Time/Freq/Code等），大量时频资源被分配给随机接入信道，会导致用于传输终端业务的带宽受限，严重影响用户体验以及系统的频谱效率。

考虑到大部分MMC终端仅支持一种或少量的几种业务类型，如表1所示，可以从MMC终端支持的业务类型出发划分不同的接入信道，合理分配接入信道资源，优化频谱资源利用率。

从表1可见，不同MMC业务对于接入网络的时延要求是不同的，当发生大量MMC终端在短时间内蜂拥接入时，合理地根据不同MMC业务类型将MMC终端分散到不同时域的接入资源上是简单高效的方法。例如，对于时延容忍量级小的MMC业务，允许其使用时域上最近的接入资源；对于时延容忍量级大的MMC业务，告知其使用时域上较为靠后的接入资源。这种方法既不影响各MMC用户的用

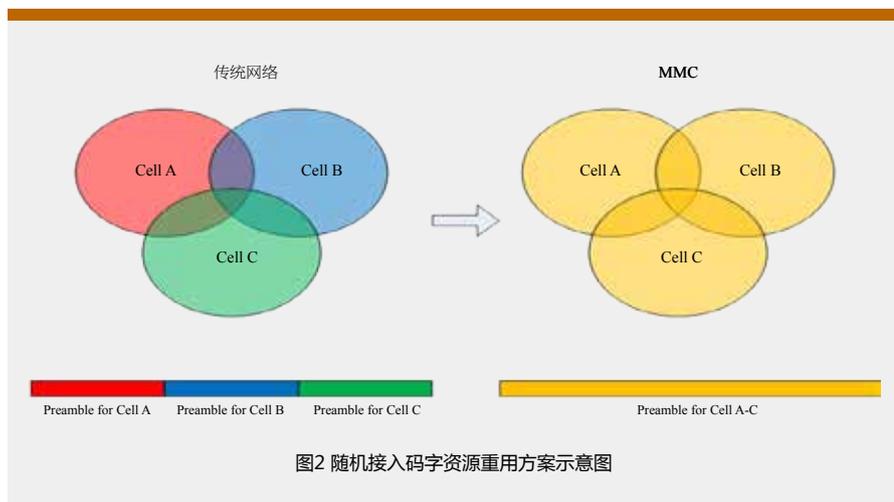


图2 随机接入码字资源重用方案示意图

用户体验，又充分保证了现有接入资源的高效使用。

现有LTE系统随机接入方案为终端分配的随机接入码字来自于具有良好正交特性的Zadoff-Chu序列，但是考虑到多径时延以及多普勒频域对信道的影响，在接收端检测时，各个随机接入码字之间并不是完全正交的，会存在一定的干扰，并且这种干扰随着发起随机接入的终端数量的增加而增加，进一步，这种干扰还会受到终端发射功率的影响。对于MMC系统来说，接入的终端数量巨大，这种码字之间的干扰会表现得更加明显，因此，有必要引进一种干扰消除技术，例如，引入SIC（Successive Interference Cancellation），进一步消除码字之间的干扰，提升复用的MMC终端数量。

根据MMC网络负载情况灵活配置小区内可用的随机接入码字资源，并且多个小区的随机接入码字资源可以共享，如图2所示，MMC网络中Cell A、Cell B、Cell C可以使用的码字资源为传统网络的3倍，这样可以进一步降低随机接入过程中由于码字碰撞而导致的接入时延变大的问题。为了获得这样的增益，需要建立随机接入码字资源的多小区协作机制。

控制面开销优化

对于巨量终端的接入，除了接入资源面临巨大压力，用于传输数据的共享业务信道的容量也同样面临资源瓶颈。随着通信业务种类和流量的爆发性增长，带宽和吞吐量始终面临“跟不上”的问题。

对于4G LTE系统，由于需要保证H2H（Human to Human）用户的移动性需求以及调度的灵活性，控制信道在整个数据带宽中需要占据的比例最大可达20%，这是一个非常大的数字。因此在5G阶段，如何降低控制面开销，扩大数据传输管道，就成为一个重要的研究方向。可以从降低下行控制信道调度开销，降低上行控制信道开销和简化空口信令、地面侧信令几方面入手。

下行资源调度指令通常是一条指令调度一个用户的单次传输，若用户单次传输的数据量较大，则这种费效比是可以接受的。然而MMC的很多业务传输的单次数据量比较小，传输的费效比偏大。可以考虑下面的几种增强调度指令效率的方法，使得单条指令可以具备更大的调度能力。

- 多用户组调度：1条指令调度多个用户的单次传输；
- 多数据包合并调度：多个数据包合并

在一个传输快发送，除了节省调度指令以外，还可减少资源碎片。

MMC的大多数业务的数据传输频率都较低，而MMC终端在和网络建立连接后，现行4G LTE网络为了保证用户能够随时快速地向网络侧申请上行传输资源，需要为每个用户维持一套上行控制信道，H2H用户对上行控制信道的使用频率较高，而MMC用户对上行控制信道的使用频率较低，造成了上行带宽资源的低效使用。以下方法可以有效提升上行控制信道的使用效率，适用于传输频率较低的MMC用户：多个用户时分复用同一套上行控制信道配置，当其中一个用户无数据需要上传时，可将自己的上行控制信道配置临时共享给其他用户，以此提升同一套上行控制信道的使用率。

MMC用户相对于H2H用户来说，对移动性的要求通常较低，大量MMC终端都固定在某一位置不需要移动，因此5G阶段需要对MMC业务研究针对性的简化信令流程，在MMC的巨大终端基数下，少量的信令简化也能带来巨大的带宽资源的节省。此外，对于固定位置MMC终端，由于不需要重复上行同步过程，因此现有的4G随机接入过程中的上行同步相关的信令可以进行简化。

超实时技术

对于无线通信的一些关键应用，在决定最终用户体验方面，不仅要看吞吐量，时延也是非常关键的指标。在目前的LTE Rel-8网络中，在终端用户和服务器之间，对于互联网接入，典型的RTT时间是30ms~60ms，在理想的实验室环境，这个值在10ms~20ms。为了满足智能工业、智能交通、智能电网及医疗健康等方面的应用需求，业界提出1ms的超实时通信需求，可以说，如何满足该需求是下一代无线通信面临的挑战之一。下面从帧结构、

调度优化等方面对降低无线通信系统的时延进行阐述。

超实时帧结构

据研究，1ms超低时延时间在系统中的分解，其中用于基带调制解调、空口处理的时间只有 $200\eta s$ 。考虑现有通信系统的帧结构，这意味着为了实现1ms延迟目标，收发两端的高层、物理层模块都需要进行优化。

在LTE系统中，传输时间间隔为1ms，相应的RTT约为8ms。在5G系统中，为实现1ms时延，RTT应该不大于 $200\eta s$ ，假设发射机和接收机能力可以和现有LTE系统的发射机和接收机类比，则5G系统的空口传输时间间隔不应超过 $25\eta s$ 。

调度优化

现有的LTE系统，当有上行数据传输时，需要先发送调度请求，基站收到UE的调度请求后再给所述UE发送调度

信息，UE收到调度信息后，根据调度信息的指示在相应资源上传输数据。为了减少上行数据调度请求时延以及调度时延，一种简单的方法就是自主调度，即：预先分配部分资源，当UE有数据传输需求时，UE直接在预定义的资源上进行数据传输，不再需要向基站发送调度请求以及等待基站调度，从而减少等待调度带来的时延，提高数据传输时延。由于UE数据传输需求是动态的，预先分配资源会出现资源空闲，导致系统频谱效率下降，为了消除该影响，可以采用码分复用的方式，让多个用户复用相同的时频资源，从而，提高资源使用效率，降低预留资源带来的影响。

高效连接技术

大规模机器类终端采用3G或4G的通信方式，机器终端应用特有的小数据包（small data packet）频繁发送时，势必造成RAN与CN之间的接入控制信令频繁，从而使得控制信令的流量与总流量的

比值升高，造成传输效率下降。

5G系统针对MMC小数据的需求进行高效连接设计。解决高效连接的方式之一在于解决小数据包传输效率问题。从空口效率来说，采用通用的空口技术传输小数据包会造成空口资源浪费，5G系统需要有更高效的空口设计，空口资源调度的粒度需要适应小数据的特征，避免“大车装小货”的缺陷，同时也能提升源调度的效率，如采用前述的多数据包合并调度的概念来提升资源单位的使用效率。

提升5G空口效率既可以考虑采用新型空口技术的设计，优化带宽设计，满足传输小数据信令的交互及小数据包的传输，也可以考虑共享现有频段的方式，即在4G的频段中划出一部分频段用于MMC信令及小数据包的传输，如在3GPP网络采用FDM/TDM技术，或在3GPP2网络采用Overload System技术。从信令效率来说，需要在终端频发小数据包时减少RAN与CN频繁的信令交互，缩短端到端的传输时延。因此可以考虑将MME的接入控制功能下移到RAN侧，这样终端在频繁接入时，RAN可以直接进行接入控制与无线资源分配，不再需要与CN的控制面网元进行接入控制信令交互，并直接与CN的用户面网元交互进行承载建立及小数据包传输。在用户面也采用转发平面下沉到RAN的技术，通过RAN的转发面直接与应用平台进行数据交互。

5G的应用将开启物联网的新时代，物联网的核心是以互联网为基础构建的新一代网络体系。可以预见，新一代5G网络可满足入网设备多样化的无线连接要求，可以以极高速度处理各类联网信息，并实现高效、便捷和安全的信息传输与共享，真正开启物联网新世界。 ZTE中兴





V2X通信技术和智能交通系统

袁弋非，霍迪（中兴通讯）

根据世界卫生组织所提供的统计数据，全球每年因车祸而丧生的人数大约有120万，受伤的人数在5000万左右。在1990年，各类死亡原因当中车祸只排第9位，而有机构预测到2020年，如果汽车交通系统的安全措施没有显著的提高，车祸所导致的死亡人数会升至死亡原因第3位。

为了提升交通系统的安全性和智能化，智能交通的系统理念逐渐兴起。智能交通可以利用新一代的通信网络和数据处理能力，提高交通系统的整体效率，降低能量损耗，增加运输的安全和便捷。近阶段，智能交通系统的开发将主要集中在智能公路交通系统领域，也

就是俗称的车联网。

应用场景

车联网有很多应用场景，有些是现在已经看到的，有些是预测的。毋庸置疑，提高交通安全是最主要的应用，其中包括：一，车辆当发现有危险临近，例如前方有障碍物时，能够及时提醒其他车辆；二，车辆能够告知其他车辆自己所行进的方向，以帮助其他车辆的司机做更准确的判断；三，靠近交叉路口时，向其他车辆提醒；四，驶离高速路时，向其他车辆提示；五，临时/突然停车的预警；六，车辆变线时的提醒；七，事故汇报；八，汽车司机对路边行人/骑自行车人的提醒。

在交通管理方面，车联网可以帮助疏通车流，实时地对拥塞采取有效措施。管理部门可以根据一些具体的条件灵活地实施交通规则，例如：可调的时速限制、可变的信号灯周期和灯闪顺序、交叉路口自动车流控制、救护车/消防车/警车的开道。

在司机辅助方面，智能交通可以提供自动泊车、导航状态、路标识别等。对于警察等执法部门，车联网有助于监控、超速提醒、禁区管理、勒停命令的实施等。通过电子支付的方式，车联网使过路费/停车费的收集更加快捷方便，从一定程度上减轻车流的拥塞，减少收费站附近常发生的低速追尾事故。



D2D的未来技术，例如，基站可控的直通通信、终端间的互发现、基于分布式调度的移动临时网络等，都可以运用到车联网当中。

随着汽车电子突飞猛进的发展，车辆本身的运算能力也有长足的提高，只要车联网能提供充足大量的路况信息，根据车上的电子地图和以往的数据，车子自身系统可以通过复杂的优化算法，规划出最佳的路径，某些情况下还能实现在高速公路上的自动驾驶。例如一个大货车队，只有最前方的车里有驾驶员，后面的货车里只有若干传感器和通信器与第一辆车联系，及时更新信息，顺应路况，实现合理驾驶。

技术方向

V2V，或者拓展到V2X，指的是汽车车辆之间，或者汽车与路边行人/骑车者的通信系统。这类系统就是所谓的车辆临时网络（Vehicular Ad-hoc Networks, VANETs），它属于一种移动临时网络（Mobile Ad-hoc Networks, MANETs）。在这个网络中，每一辆入网的车可以成为一个网络节点，具有移动性。每个节点与其他节点协同，减少盲区，避免事故。

目前，车联网中最重要的目的是提高交通安全，其需求集中体现在：一，低时延，端到端时延在5ms以内；二，高可靠，误包率在99.999%以下，而且能在车辆发生拥塞，大量节点共享有限频谱资源时，仍能够保证传输的可靠性；三，可能需要支持高速移动，考虑到汽车之间的相对移动，最高相对时速可达500km/h；四，传输数据包至少能承载1600字节的信

息数据。

车联网的发展是跨行业的，涉及的技术众多，在这里我们着重介绍与无线通信及系统密切相关的，分别从物理层和网络层入手。

已有的技术

当前，由IEEE 802.11p和IEEE 1609组成的协议框架能够完成车联网的一些最基本的功能。IEEE802.11p是IEEE 802.11系列的一个版本，可谓专门为车联网而“定制”。这样，WiFi的关键技术IEEE802.11技术正通过802.11p拓展到车联网的V2X应用上。IEEE802.11p传承了WiFi大部分的物理帧结构设计，包括OFDM发射，以及基本媒体接入控制（MAC）层协议，目前支持5MHz/10MHz/20MHz的带宽，在美国的频段是5850MHz~5925MHz，工作带宽均为10MHz，共支持7个，其中2个只能由公共安全部门所使用。相比一般的蜂窝网络，IEEE802.11p所能覆盖的半径并不大，在500m以内，因而被称为短距离通信（DSRC）技术。同时IEEE802.11p协议中引入了时钟广播和增强的信道抑制技术，以加强车联网的物理层。其中时钟广播技术可以帮助节点与公共的时间参考保持同步；而信道抑制目的是提高接收器对5GHz左右的带外干扰的抵抗能力。

由于车辆的快速移动性，车辆与路边的网络基础设施所组成的通信链路也

都是临时性的，即只在很短的时间之内存在。所以这个链路必须在极短的时间建立连接，发送数据。而IEEE802.11技术中的那些繁琐的连接认证过程耗时过长，难以使用在车联网。为此，IEEE 1609填补了高层协议的空白，形成一套完整的协议栈。IEEE1609包括4个子协议，其中IEEE1609.1定义了资源管理，将远端的应用层与当前的车辆联系起来；IEEE1609.2为应用层和管理信息提供安全服务；IEEE1609.3是IEEE802.11p的网络层；总体上，IEEE1609.4可以处理多信道通信。

除了近距离通信使用IEEE802.11p，适用于更远距离的通信技术，如WiMAX（IEEE 802.16）、GSM或者3G/4G，都曾被考虑作为潜在的车联网技术。但是这些技术都需要广泛而耗资的基础网络部署以及针对车联网具体需求的技术改进。

车联网下层网络中，节点主要分为两大类：车载单元（Vehicular on-board unit）和路边单元（road-side unit）。路边单元如同WiFi网络中的锚点，提供与基础网络的通信。如果需要，路边单元有责任为车载单元分配传输信道。路边单元需要周期性地控制信道发射“信标”（beacon）信号，以便车载单元监听识别。这个过程和物理层信号与WiFi的有一些不同。另外还有一种比较特殊的节点，一般置于应急场景中的警察、消防或急救车辆上，他们尽管是车载单元，但也具备路边单元的许多功能。

未来的技术方向

● 降低时延技术

为了更好地满足低时延的要求，车联网物理层协议需要考虑对帧结构的适配。当前LTE的子帧长度为1ms，因为支持自适应重传，一来一回，每次时延至少8ms，几次下来，光是空中接口的时延就

有十几ms。为降低时延，物理帧的长度需进一步缩短，如果采用自适应重传，来回时间每次应远小于5ms。

在高可靠传输应用中，LTE对一般数据在空口误块率（FER）要求是初始传输为10%，经过几次重传后（当然增加了时延），误块率如果低于1%即可。显然这远远无法满足99.999%可靠度的要求。为进一步改进系统性能，首先可以考虑使用新的信道编码技术，在不明显增大时延的条件下，把误块率降到十万分之一。或者使用更有效的前向纠错编码技术（FEC）的低时延高可靠传输机制：通过牺牲速率（或带宽），可以极大降低信息重传的概率，从而有效降低传输时延。

通过设计较短的连接建立信令流程及终端与网络的身份鉴定方法可以进一步降低时延。

另外，采用跨信令栈的自适应路由机制，在低时延及高可靠性两者之中进行适时的调整，优化网资源的使用，提高传输性能。增强MAC协议的业务保障能力与多业务资源合理分配功能，可以在可靠传

输的前提下，进一步降低时延。

● 网络架构创新

反过来，车联网对传统网络的演进也提出了新的挑战。车联网的无线空口具有短程特征，而且有短时延与高可靠度的需求，这导致无线蜂窝网的建网理念不能完全适用。无线基站并非合适的路边站，导致很多现有设施难以被重复使用。如何利用已有的网络设施，如何经济地铺设新的设施（光纤传输网/微波传输网/光纤接入网/IP网/传统电话网等）是建立智能交通基础设施必须考虑的实际问题。减少基础设施的投资和提高已有设备的复用能力，需要新的组网技术、网络实现技术和网络管理技术。软件控制网络（SDN）和虚拟网络（NFV）技术必将在这里得到恰当的应用和进一步的发展。网络架构需要进一步扁平化和虚拟化，通过优化端到端数据传输路径，从而减小数据传输经过的网络设备，从而降低数据传输时延；通过优化数据传输路径，保证数据动态选择可靠性最优路径进行传输，从而提高通信的可靠性。

● 车联网也是D2D和MTC的一个典型应用

车联网也可以看成是终端直通通信（D2D）的一种应用，每一个车载单元与附近其他车辆上的车载单元进行直接的通信。因为无需通过基站或者路边单元的转发，车辆之间通信的延时可以大大降低，传输速率也可提高，尤其当车辆距离较近时。D2D的未来技术，例如，基站可控的直通通信、终端间的互发现、基于分布式调度的移动临时网络等，都可以运用到车联网当中。车联网还可以看成机器间通信（MTC）的一种应用，也会有大量终端（这里即车载单元）存在于系统当中，需要系统的维护和支持，小的控制信令包不断，系统负担很大。而在交通拥堵时，同时会有很多车载单元竞争接入，对系统带来巨大的冲击。因此，未来MTC的技术发展，尤其在控制信令优化和“接入风暴”处理方面的创新将会极大地提高车联网的性能。

智能交通系统是一项前途广阔的新技术领域，是通信和信息技术的新的应用领域。不同于传统技术，智能交通是一个跨行业、跨技术领域、跨国界的巨大的系统工程。完成这一工程，需要车辆制造行业、公路建造管理部门、城市建筑规划部门、通信设备厂商和网络公路运营部门的合作，共同开发完善这一技术，使之走向成熟，形成新的产业链和商业模式。

作为智能交通的关键技术，V2X技术有很大的提升余地和创新空间。本文对V2X技术现状和未来技术发展方向做了初步的展望，相信在未来5G时代，相关的技术创新将把V2X产业应用带到一个新高度，智能交通大系统将会在不久的将来成为现实。 ZTE中兴



大规模多天线技术现状及研究热点

易巧, 王小鹏 (中兴通讯)

随着无线通信技术的不断发展, 高速数据业务以及无处不在接入的需求正呈现出一种爆炸式的增长。根据预测到2020年, 业务量将是目前业务量的1000倍, 基于此, 需要提升宽带无线接入网的能力, 适应未来用户业务需求。

针对宽带无线接入的需求, 目前欧盟、中国、日本、美国等均启动了第五代移动通信系统的需求与关键技术研究。从2G/3G到4G, 每一代系统的更新, 都伴随着新技术的更新, 都是为了解决当时最主要的需求。5G(后4G)时代, 小区越来越密集, 对容量、耗能和业务的需求越来越高。提升网络吞吐量的主要手段包括, 提升点到点链路的传输速率、扩展频谱资源、高密度部署的异构网络; 对于高速发展的数据流量和用户对带宽的需求, 现有4G蜂窝网络的多天线技术(8端口MU-MIMO、CoMP)很难满足需求。最近的研究表明, 在基站端采用超大规模天线阵

列(比如数百个天线或更多)可以带来很多的性能优势。这种基站采用大规模天线阵列的MU-MIMO被称为大规模天线阵列系统(Large Scale Antenna System, 或称为Massive MIMO)。

本文旨在介绍5G中关键技术之一, Massive MIMO的现状以及在系统仿真中最关注的研究点。

应用场景

天线集中配置的Massive MIMO主要应用场景有城区覆盖、无线回传、郊区覆盖、局部热点。其中城区覆盖分为宏覆盖和微覆盖(例如高层写字楼)两种。无线回传主要解决基站之间的数据传输问题, 特别是宏站与Small Cell之间的数据传输问题, 郊区覆盖主要解决偏远地区的无线传输问题, 局部热点主要针对大型赛事、演唱会、商场、露天集会、交通枢纽等用户密度高的区域。

考虑到天线尺寸、安装等实际问题,

分布式天线也有用武之地, 重点需要考虑天线之间的协作机制及信令传输问题。大规模天线未来主要应用场景可以从室外宏覆盖、高层覆盖、室内覆盖这三种主要场景划分。

研究方向

Massive MIMO, 又称为large-scale MIMO。顾名思义, 就是在基站端安装几百根天线(128根、256根或者更多), 从而实现几百个天线同时发数据。

在沿用现有的LTE系统MAC+PHY的结构下, Massive MIMO的物理层研究的方向主要包括: 基站天线架构设计、基站端预编码、基站端信号检测、基站端信道估计、控制信道性能改进(见表1)。

天线阵元大幅增加, 需要扩展到二维平面/曲面或三维阵列。是全向天线(球形), 或者是一个面阵天线(面板型), 还是如中国移动所提出的“和”之类的异形状态? 同时, 由于天线数较多, 满足隔离度的天线尺寸可能较大, 因此较高频段(>5GHz)的使用也是研究课题之一。

天线数增多, 同时带来了天线外形尺寸的增大, 传统以平面波方式进行信道的建模对于近场偏差就会变得较大, 合适的信道建模方式也是需要关注的问题之一。

此外, MIMO所要用的有源天线transceiver模式, 在LTE中已经有所应用。

随着天线数的增多, Massive MIMO

表1 Massive MIMO物理层主要研究方向

研究方向	与传统天线的不同之处	优先级
基站天线架构设计	形状不规则, 呈二维平面/曲面或三维阵列	中
基站端预编码	需要挖掘新的预编码算法	中
基站端信号检测和基站端信道估计	TDD不受影响; FDD需要新的反馈算法	中
控制信道性能改进	控制信道的覆盖能力远弱于数据信道	高

的性能将会趋于平缓，此时可以使用多用户复用(Multi-User MIMO, MU-MIMO)。MU-MIMO技术的核心是预编码。现有的预编码技术主要是：MRT、ZF以及DPC。这些技术中，DPC被认为是最优的，MRT性能最差，ZF居中。寻找合适的预编码算法也非常重要，通常在工程中使用ZF，是否能复杂度与性能兼备的新的预编码算法是物理层最关键的问题之一。

与传统的MIMO相比，Massive MIMO的不同之处主要在于，天线趋于很多（无穷）时，信道之间趋于正交。系统的很多性能都只与大尺度相关，与小尺度无关。基站几百根天线的导频设计需要耗费大量时频资源，所以基于导频的信道估计方式不可取。具体的实施方案，包括TDD和FDD两种模式，其中TDD有天然的优势，这是因为随着天线数的增多，CSI-RS的开销增大，而TDD可以利用信道的互易性进行信道估计，不需要导频进行信道估计，TDD的方式是首选；FDD覆盖面广，普及面高，采用较小开销的码本来进行信道系数的估计和反馈也是可以的，信道反馈时可以考虑CS



与传统的MIMO相比，Massive MIMO的不同之处主要在于，天线趋于很多（无穷）时，信道之间趋于正交。

(Compressive Sensing)等算法，所以FDD下的信道检测、估计和反馈也是不可忽视的一部分。

天线数增多后，业务信道的覆盖通常能满足要求，而控制信道的能力并不会随着天线数增多而增强，因此控制信道的覆盖将会成为系统性能的瓶颈。

Massive MIMO的MAC研究的方向主要包括：MU-MIMO配对算法、用户调度和资源分配策略。

Massive MIMO由于天线数较多，多用户之间的信道趋于正交，此时可以使用相同的时频资源对用户进行数据的传输。当使用MU-MIMO时，由于基站侧同时给多个用户发送数据，每个用户能获得的实际发送功率会等比减小，众所周知，功率降低，就会带来性能的损

失。那么，判断哪些用户适合配对、怎样配对对系统的性能最优，在Massive MIMO中是非常重要的。

由于Massive MIMO天线数众多，相隔较远的天线之间的间距较大，为了充分使用天线，以达到提高系统容量的目的，用户分块使用天线，一部分天线给A用户，一部分天线给B用户。这就是用户天线资源的分配策略。

同时，发送天线可以同时给多个用户发送，也可以只给某一个用户发送，这就是RB资源的分配策略。目前可以采用跟传统资源分配一样的方式进行，此时还需要考虑配对用户重传时的策略。

此外，Massive MIMO还可以跟其他组网技术相结合，如LTE系统中的CoMP技术等。

综上所述，在5G中，Massive MIMO是非常关键的技术，其核心问题的解决主要在PHY层和MAC层。Massive MIMO中重要的研究课题环环相扣，我们首先要确定Massive MIMO的天线形态、频段；选择合适的方法进行信道建模以完成后续的研究；合理的预编码设计，快速有效的信道检测与估计；提升控制信道性能；根据场景和应用，选择合适的MU配对算法和天线分块或者分布式的天线分配方法，进行物理资源的调度和资源分配；最终达到提升系统性能的目的。 ZTE中兴





空口降低时延关键技术

戴博，夏树强，石靖（中兴通讯）

对于移动通信业务而言，最重要的时延是端到端时延，即对于已经建立连接的收发两端，数据包从发送端产生，到接收端正确接收的时延。根据业务模型不同，端到端时延可分为单程时延和回程时延，其中单程时延指数据包从发射端产生经过无线网络正确到达另外一个接收端的时延，回程时延指数据包从发射端产生到目标服务器收到数据包并返回相应的数据包直至发射端正确接收到应答数据包的时延。

现有的移动通信主要是人与人之间

的通信，随着硬件设备的小型化和智能化，未来的移动通信更多“人与物”及“物与物”之间的高速连接应用。机器通信（Machine Type Communication, MTC）业务应用范围非常广泛，如移动医疗、车联网、智能家居、工业控制、环境监测等将会推动MTC系统应用爆发式增长，大量设备将接入网络，实现真正的“万物互联”，为移动通信带来无限生机。同时，广泛的MTC系统应用范围也会给移动通信带来新的技术挑战，例如实时云计算、虚拟现实、在线游戏、远程医疗、智能交通、智能电网、

远程实时控制等业务对时延比较敏感，对时延提出更高的要求，而现有LTE系统无法满足该需求，需要进行研究。

本文主要介绍了未来MTC业务的时延需求，分析了LTE系统现有时延，阐述了降低时延的关键技术。

MTC业务时延需求分析

未来MTC数据传输时延会进一步降低，当通信的响应时间比系统应用的时间约束快时，就可以获得实时的通信体验。下面给出了四种典型应用的时间约束：

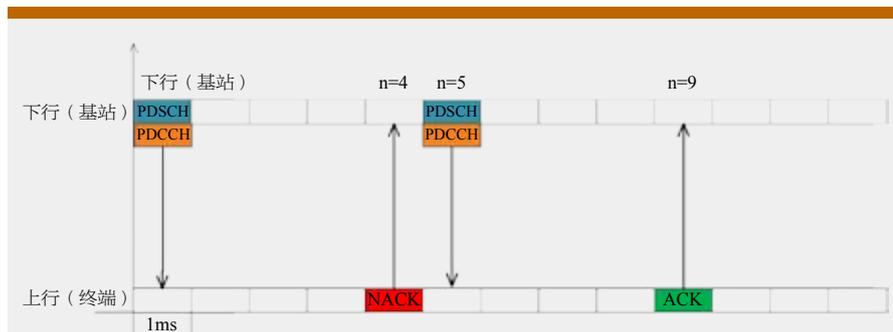


图1 下行数据传输

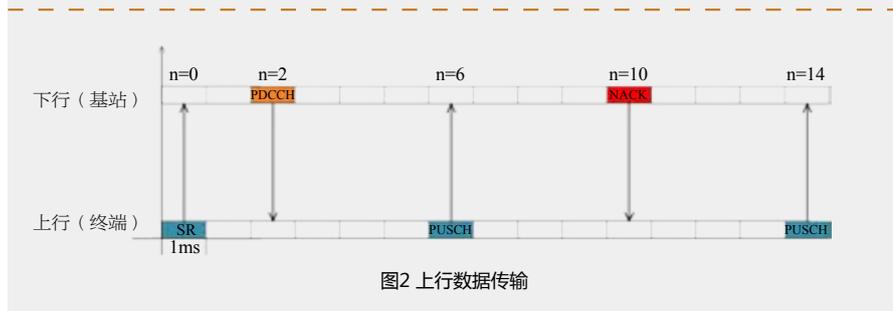


图2 上行数据传输

- 人体肌肉响应时间在0.5s~1s，这意味着人在点击一个连接时，如果该连接能在0.5s时间建立，人们就可以实现实时的网页浏览感受。
- 听觉：当声音信号在70ms~100ms内可以被准备接收时，人们就可以实现实时通话。考虑到声波的速度，这意味着当两个人距离超过30m时，两人单纯依靠声波无法实现实时交流。
- 视觉：人类视觉的分辨率一般不超过100Hz，这意味这只要图像的更新速率不低于100Hz（延时不超过10ms），人们就可以获得无缝的视频体验。
- 触觉：这方面要达到实时，要求延时限制在几ms级别，涉及的应用包括使用移动3D目标、虚拟现实、智能交通中的业务安全控制、智能电网等。

业界提出要把现有系统的端到端延迟降低5倍以上，并且，在考虑第5代移

动通信系统的需求时认为RTT（Round Trip Time，回环时延）在1ms数量级。实时游戏、M2M、传感器报警或事件检测场景应该成为研究重点，部分场景对时延的要求不超过100ms，其中，基于传感器报警或事件检测场景有最低达2ms的时延要求。

因此，在超低时延场景MTC系统时延需要考虑毫秒级的空口时延。

LTE系统现有时延分析

ITU-R对传输延迟设定的目标为单向延迟目标为10ms。LTE/LTE-A系统满足ITU时延要求并带有一定余量，单向数据包传输时延小于5ms。下面以连接态下物理下行共享信道（Physical Downlink Shared Channel, PDSCH）传输下行数据和物理上行共享信道（Physical Uplink Shared Channel, PUSCH）传输上行数据为例进行时延分析。

在LTE FDD系统中，在子帧n上，

基站使用物理下行控制信道（Physical Downlink Control Channel, PDCCH）调度下行数据传输，终端在子帧n+4上反馈ACK/NACK信息，基站接收处理时延最小为1ms，基站最快可以在子帧n+5上进行数据重传调度，如图1所示，单次传输的时间为1ms，一次重传的最小时间为5ms。

在LTE FDD系统中，当终端有数据传输需求时，需要等待配置发送调度请求（Schedule Request, SR）的子帧n，终端在子帧n上发送调度请求信息给基站，基站最快在子帧n+2上发送上行数据调度授权信息，终端在子帧n+2上接收到上行数据调度授权信息后，在子帧n+6上传输相应的上行数据，基站在子帧n+10上反馈ACK/NACK信息给终端，终端在子帧n+14上重传所述上行数据，具体如图2所示，从有数据传输需求到一次数据传输完成，不考虑等待调度请求子帧的时间，单次传输的时延为6ms，一次重传的时间为14ms。

低时延技术分析

从现有LTE空口时延分析可以看出，影响空口时延的主要因素是数据传输时长、数据传输资源请求等待时间，以及数据处理导致的反馈延时，针对这些因素存在以下4种降低空口时延的方案。

数据传输时长降低

现有LTE系统以子帧为单位进行数据调度，LTE子帧长度为1ms，因此，最小数据传输时长为1ms，为了降低数据传输时长，存在两种可能方案。一种是降低子帧长度，如重新设计子载波间隔和一个子帧中包括的OFDM符号数量，使得一个子帧对应时长变短，从而降低数据传输时长。例如，将子帧长

度压缩为现有LTE子帧长度的1/4，即0.25ms，如果考虑相应处理时间等比例压缩，具体压缩效果如表1所示，大概可以压缩75%时长。

表1 时延压缩效果对比

	常规子帧	压缩子帧
一次数据传输	1ms	0.25ms
一次重传	5ms	1.25ms

另一种方案是以OFDM符号为单位进行数据调度传输，此时，最小数据传输长度为1个OFDM符号，按照现有LTE的OFDM符号长度计算，一个OFDM符号长度为 $66.67 \eta_s$ ，如果考虑相应处理时间等比例压缩，具体压缩效果如表2所示，相对于现有1ms的数据传输可以压缩大概92%左右，如果进一步结合帧结构的修改，如子载波间隔变化，可以进一步降低OFDM符号的长度，实现更低时延压缩。

表2 时延压缩效果对比

	单子帧传输	单OFDM符号传输
一次数据传输	1ms	0.067ms
一次重传	5ms	0.375ms

另外，增强HARQ反馈也有助于重传时延降低。传统的HARQ只反馈ACK/NAK信息，增强的HARQ可以额外反馈接收的BER估计信息，结合该信息和信道反

状态信息，调度器在进行冗余版本选择、MCS选择等方面可以更有针对性，使数据一次重传后被正确解码的概率大为提高，从而进一步降低数据传输时延。

数据传输资源请求导致的时延降低

LTE系统中，当终端有数据传输需求时，需要先发送调度请求，基站才能分配资源让终端进行上行数据传输，这一过程导致上行数据传输时延明显大于下行数据传输时延，如表3所示。另外，发送调度请求配置终端发送数据的资源，也会额外增加时延，因此，如果基站可以预分配资源终端，终端在有数据传输时直接在预先分配的资源上传输数据，可以减少调度请求过程，从而使得上行数据传输时延与下行数据传输时延相当，这样可以实现上行数据单次传输时延压缩大概17%，一次重传时延压缩36%，再结合上述数据传输时延降低方案可以进一步降低上行数据传输时延。

表3 上下行数据传输时延对比

	下行数据	上行数据
一次数据传输	1ms	6ms
一次重传	5ms	14ms

调度时延降低

现有LTE控制信道主要位于子帧的前

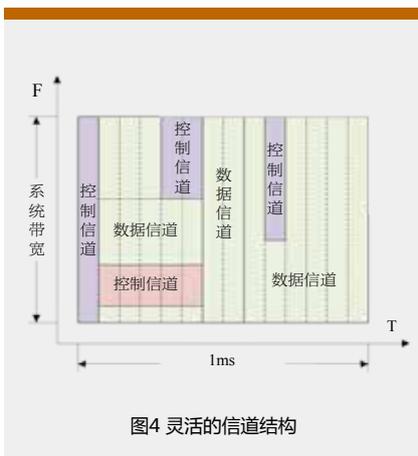
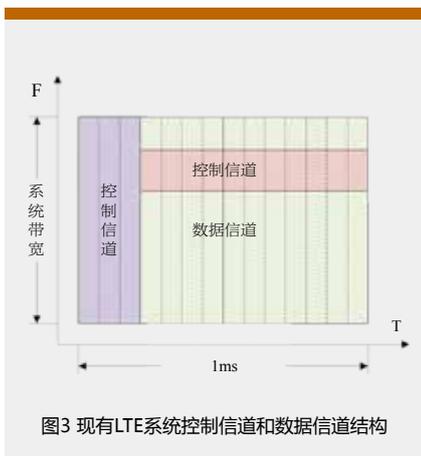
n个OFDM符号上，或者，与PDSCH频分复用（时长为一个子帧），具体如图3所示，LTE系统中数据只有解码下行控制信道后才能发送数据，由于控制信道位置限制，导致数据解码时延增大。另外，一个终端对应的下行控制信道区域在一个子帧中只有一个，如果错过该区域调度，就只能等待下一个调度区域，这就导致数据调度时的等待延迟。为了降低调度时延，需要引入更灵活的下行控制区域设置，如图4所示，尽量使得有数据传输就有下行控制区域，同时，在解码下行控制信道时数据信道可以提前接收，减少等待接收时间，从而减少由于等待下行控制区域和解码下行控制信道，以及等待数据接收导致的时延，最终实现数据传输时延的降低。

处理时延降低

对于处理时延降低，除了通过硬件设备和实现算法降低时延外，也可以考虑通过高级自适应编码来降低处理编解码的时延，比如当SNR比较高时，采用卷积编码，当SNR比较低时，采用Turbo编码等。

本文介绍了降低空口时延技术，通过帧结构压缩和基于OFDM符号调度的方法，以及终端自主调度，可以显著降低空口数据传输时延，另外，通过灵活的控制区域设置和高级自适应编码，进一步可以降低空口时延，从而满足不同业务的需求，提升未来移动通信系统的性能。

后续也可以考虑结合链路自适应优化技术，在保证一定可靠性前提下进行降低数据空口时延研究，以满足超低时延高可靠性的需求，使得移动通信系统具有更广阔的应用场景，提升用户体验。 ZTE中兴



无线网络侧虚拟化技术探讨

张芳（中兴通讯）

随着智能终端和多种业务的蓬勃发展，未来无线网络呈现出密集部署、多样业务、异构网络并存的多样化形态。在复杂网络环境下，高弹性和可扩展网络技术的研究受到越来越多的关注与重视，网络虚拟化技术就是其中之一。

早期针对网络虚拟化技术的研究主要集中在核心网侧，如虚拟局域网（VLAN）、软件定义网络（SDN）、网络功能虚拟化（NFV）等。虚拟化技术在核心网络侧已经得到了广泛应用，而随着未来5G无线网络业务需求的激增，无线接入网络侧虚拟化技术也逐渐提上日程。无线网络相比于有线网络更加复杂，需要考虑信道的不确定性、干扰、信令开销以及高速移动性等问题，

另外还需要考虑回传网络的容量和时延限制。

C-RAN是中国移动在2009年提出的无线接入网形态。C-RAN通过无线射频单元（RRU）拉远的方式，将基带处理资源进行集中，形成一个基带资源池并对其进行统一管理和动态分配，在提升资源利用率、降低能耗的同时，还可以通过协作化技术来有效降低干扰，提升网络性能。目前，C-RAN集中化部署技术已经成熟，并在国内多个城市现网中进行了规模部署。C-RAN通过BBU集中化处理实现了BBU层面的虚拟化，是无线接入网络侧虚拟化技术的体现之一。在C-RAN中，基站不再是一个独立的物理实体，而是基带池中某一段或几段抽象的处理资源，网络根据实际的业务负

载，动态地将基带池中的某一部分资源分配给对应的小区。

针对未来5G网络的虚拟化技术，可以脱离现有网络架构和协议标准等束缚，伴随着高频段频谱资源的大量开发使用，以及未来硬件和软件系统处理能力的不断增强，无线网络侧虚拟化技术可以和已有的SDN和NFV技术结合，通过对网络资源（包括物理设备资源和频谱资源）的抽象和统一，将复杂多样的网络管控功能从硬件中解耦出来，抽取到上层做统一协调和管理，构建一个更加灵活有效，同时低成本、高效率的全虚拟网络。

虚拟化网络架构

将SDN和NFV的设计思想引入到无线网络侧架构设计中，可以将虚拟化网络架构分为3层：基础设施层、虚拟化管理层和业务层，如图1所示。基础设施层由众多的基础设施提供者（InP）组成，每个InP包括大量的可编程的支持虚拟化的节点，如宏站、Small Cell或RRH（Remote Radio Head）等。虚拟化管理层由一系列分布式的管理节点组成，如域管理器等，管理节点为逻辑节点，也可以直接位于宏站或者功能强大的Small Cell节点。管理节点负责虚拟网的创建、更新，虚拟资源的管理等。业务层由众多不同业务和应用组成，这些业务由管理节点调度和分配，完成特定的功能。

在该架构模型中，虚拟化管理层通过虚拟化资源统一描述方式将底层资源的细节屏蔽，为上层业务提供统一的虚

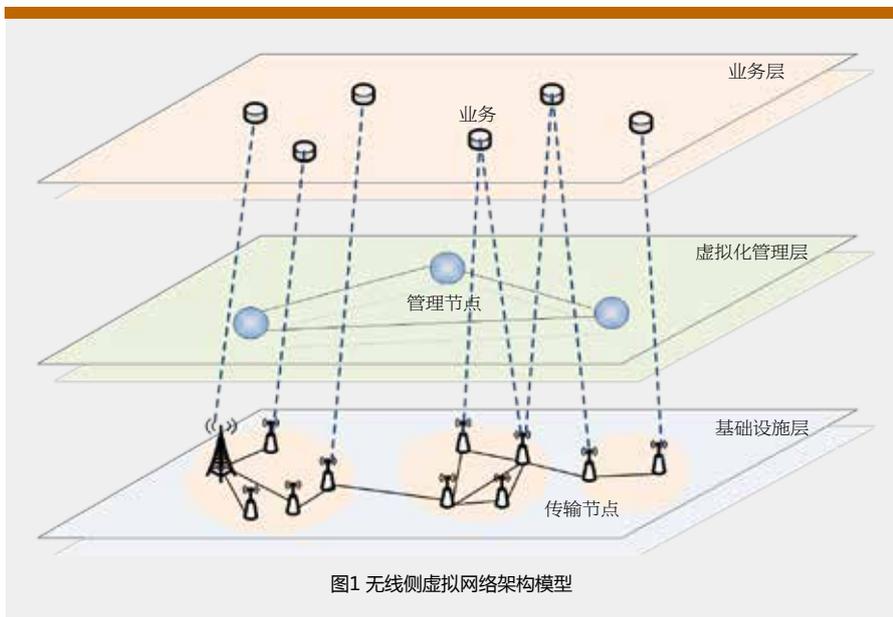


图1 无线侧虚拟网络架构模型

拟资源抽象。虚拟网的构建是以业务为基础，针对不同的业务和应用类型选择不同的虚拟资源为其提供服务，以更好地适应不同业务QoS需求。虚拟化管理层内，管理节点间可以通过分布式的方式进行协同和交互，以获取邻近节点的信息，实现更大范围内的管理信息共享状态。

对于无线接入网络侧，虚拟管理层的主要功能包括：

- 以业务为中心的虚拟小区创建和更新；
- 虚拟资源的管理（包括回传网络资源和空口资源）；
- 连接移动性控制；
- 上下文信息的管理和使用。

在该网络架构下，将管理和控制分离，同时引入控制和数据分离的机制，用户首先接入控制面节点，控制面节点和数据面节点可以不相同。同一用户的不同业务数据面节点可以不同。除了业务数据传输外，控制面节点主要功能还

包括：

- 产生所有层2的控制信令；
- 负责虚拟小区内部的调度和资源分配。

数据面节点只负责数据的发送和接收，相关的控制信令需要传给控制面节点来发送。数据面节点、控制面节点和管理节点之间的关系如图2所示。

由于管理节点为逻辑节点，可以为域管理器，管理一个区域内大量可编程节点，也可以位于某一节点内，管理周围少数几个节点，因此该架构模型下管理功能既可以是集中式也可以是分布式，或者混合式，取决于实际部署情况。相比于分布式，集中式部署能够获取信息更多，可以综合考虑管辖范围内所有节点的能力和资源使用情况，性能会比分布式更有优势，但集中式部署需要考虑各节点和管理节点之间传输的带宽、时延和成本问题。

虚拟小区构建

无线网络资源虚拟化的两个重要问

题是为不同业务提供服务的节点映射问题和虚拟资源分配问题。节点映射即确定某个业务采用哪些节点来为其提供服务。传统网络中，按照信号强度如RSRP/RSRQ等指标为用户选择一个服务小区，该用户所有业务均由该服务小区提供。超密集网络场景下，大量无规则部署的Small Cell将面临干扰复杂和负荷分布不均的问题，传统的以信号强度为指标的小区选择方式将不再适应。

接入网络侧虚拟化在底层会考虑小区的虚拟化，即弱化小区概念，消除小区边界，始终以用户或业务为中心。用户或业务不再由固定的某一小区来服务，而是根据节点特性、业务QoS需求以及无线环境等综合因素，由管理节点选择并将节点列表通知控制面节点，构建针对该业务的虚拟小区，同时，随着UE的移动，动态更新虚拟小区内的节点成员。

节点映射算法中，管理节点可以综合考虑无线信号质量、节点BH性能、业务QoS需求等约束条件，同时可以利用用户上下文信息，采用集中式或分布式方式选择服务节点，以充分利用BH资源、平衡各节点之间的负荷，一定程度上最大化系统性能。

虚拟小区内多个节点通过协作来为某一业务提供服务，能有效解决节点之间的干扰问题，为用户提供高速率和稳定的优质服务。LTE-A中引入的CoMP（多点协作传输）技术，从一定程度上也体现了以用户为中心的思想，可以看做小区虚拟化的前身。然而，LTE-A中的CoMP只能算作部分虚拟化，CoMP技术关注的还只是小区边缘用户的干扰问题，协作传输只是针对少量边缘用户，同时，LTE-A系统中，参考信号并没有完全和小区ID进行解耦，控制信道和数据信道也没有进行分离，因此并没有实



图2 管理节点、控制面节点和数据面节点主要功能

现真正的虚拟化。

针对未来5G网络的虚拟小区，小区不再和节点关联，而是以用户为中心，用于数据传输的参考信号会和节点ID解耦，管理、控制和数据节点分离，网络中任何位置都可以形成以用户为中心的虚拟小区，实现全局虚拟化。

虚拟资源管理

对于虚拟化管理层中的管理节点来说，虚拟资源的管理是其重要功能之一，如何避免各节点之间的干扰，有效利用时域、频域和空间域资源，是无线资源管理的关键。

管理节点对虚拟资源的管理可以分为两个部分：一是信息的获取和抽象，管理节点获取来自底层节点或用户的各种测量信息、来自上层与业务相关的负荷和QoS信息，以及来自周围管理节点的策略信息等，将这些信息进行抽象，提取有用信息，建立相应的信息库；二是资源管理决策，管理节点利用信息库里的各种信息，确定资源如何在各个业务之间进行分配，并可以根据反馈结果进行动态调整和重新配置。

具体来说，对于无线侧资源管理，需要建立各节点之间的干扰关系库，干扰关系库体现了各节点在时域、频域和空间域等多个维度的干扰关系，在对各个业务进行资源配置时，会尽可能地考虑为业务提供服务的各节点之间的干扰状况，选取没有干扰的时频空域资源进行配置。

为了减少管理节点的计算任务，降低调度延时，可以采用集中式和分布式相结合的方式。管理节点根据干扰信息库、业务QoS信息库等对于一段时间内的统计信息，确定各业务可用的无线资源范围和约束，即可用资源和不可用资源，将上述信息发送给控制面节点，控



对于虚拟化管理层中的管理节点来说，虚拟资源的管理是其重要功能之一，如何避免各节点之间的干扰，有效利用时域、频域和空间域资源，是无线资源管理的关键。

制面节点再根据网络侧和用户侧的实时反馈信息，确定具体的时频资源。

用户移动性管理

用户在移动过程中，为其提供服务的节点需要发生改变，以获取持续的优质服务。节点密集部署或用户高速移动时，节点之间的切换将会频繁发生，带来系统信令开销增加、数据中断等问题。为了解决或改善上述问题，3GPP在R12中提出了双连接方案。双连接方案主要针对异构网络中的移动性问题，在双连接方案中，用户同时与MeNB（宏站）和SeNB（微站）保持连接，MeNB作为移动性锚点，在SeNB发生变化时，执行的是SeNB的转换过程而不是切换过程。和切换过程相比，SeNB的转换过程避免了上行同步产生的数据中断以及核心网路径转换产生的延时，但切换判决、信令传输、包转发等过程仍会产生延时，影响用户体验。

无线虚拟化网络中，以管理节点作为移动性锚点，通过L2/L3信息虚拟化，即用户和业务上下文信息在各节点之间共享和同步的方案，结合底层的小区虚拟化，可以加速数据在不同节点间的转换过程，做到无缝切换，解决密集部署小站场景下的移动性问题。首先，来自核心网的数据汇聚到管理节点，由管理节点转发到底层

各节点，降低了核心网路径转换概率和延时；其次，节点在加入虚拟小区时，就已经完成接纳控制、资源预留以及上行同步，避免了原切换过程中这部分操作带来的延时；第三，用户或业务的上下文信息在各节点之间共享和同步，可以随着用户的移动随时快速转换数据面节点，避免了复杂的切换过程；最后，多个节点同时为某一业务提供服务，保证了业务的服务质量，可以解决TCP慢启动等问题。

在上述从底层到上层的整体虚拟化方案下，用户即使在移动过程中，也能在不同节点间快速平滑切换，保证了稳定可靠的用户体验。

无线网络虚拟化是目前5G研究的热点和重点，通过资源虚拟化和控制虚拟化，可以将传统的静态网络转化成灵活高效的动态网络，和SDN和NFV等技术的结合，更可以降低成本，保证低成本和高可靠性。本文针对无线接入侧网络虚拟化技术，在网络架构、虚拟资源管理以及移动性管理等方面提出了分析和探讨，将无线网络侧虚拟化技术进一步清晰化和具体化，作为后续5G关键技术研究的基础。无线网络侧虚拟化技术还有许多问题需要研究，其实施和部署仍面临着许多挑战，后续我们将在这方面继续深入研究。 ZTE中兴

LTE/WLAN 紧耦合架构及其应用前景

谢峰, 黄河, 余媛芳 (中兴通讯)



智能手机、平板等智能终端设备的大规模普及带动了移动互联网应用的大爆炸，4G/LTE和WLAN热点的大规模部署也使得移动互联网应用不再局限于普通的网页浏览和图片分享。高清视频、3D视频、虚拟现实离大规模商用越来越近，这些应用在带给用户视听盛宴的同时，也刺激了网络容量的进一步提升。小区分裂是提升无线网络容量的重要手段之一，在5G 1000倍容量提升需求中，来自小区分裂的增益预计将达到10~100倍。小区的进一步分裂使得无线接入网从宏微异构网往大规模小小区连续覆盖形成超密集网络(UDN)的方向发展。

LTE小小区和WLAN的进一步演进是超密集网络中两种并存的接入手段，对于这两种接入手段的融合，现有技术并没有特别考虑密集网络的特点，而仅仅是利用WLAN进行蜂窝网分流。考虑到成本低廉、带宽巨大的WLAN是LTE数据分流的理想通道，3GPP已经为此制定了一系列核心网分流的技术，包括多接入分组数据网络连接(MAPCON)、IP流移动性(IFOM)等，这些基于核心网进行WLAN分流的技术可以和传输层协议多路径传输控制协议(MP-TCP)结合，在实现为蜂窝网分流的同时提升用户峰值速率。这类技术由于分流点在核心网，同时策略控制和实施分别在核

心网的接入网络发现和选择功能ANDSF和UE，对于无线侧的资源状态情况无法做到实时的感知和应变，难以进行动态的分流控制，也难以和超密集网络中干扰协调、动态资源管理等技术进行联合优化，限制了性能提升的空间。虽然在R12中RAN侧也增加了向UE发送策略规则的功能，然而策略的具体实施还是在UE侧，而且RAN侧的策略规则也不是动态调整的。因此，在5G中非常有必要考虑在无线接入网侧更紧密的耦合LTE和WLAN接入技术，实现两种资源的动态聚合。

除了基于LTE和WLAN接入技术聚合授权和非授权频段资源的思路以外，

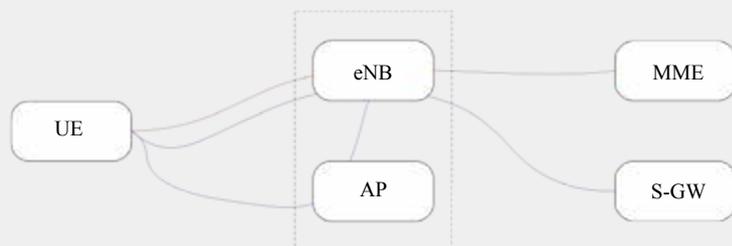


图1 紧耦合基本架构

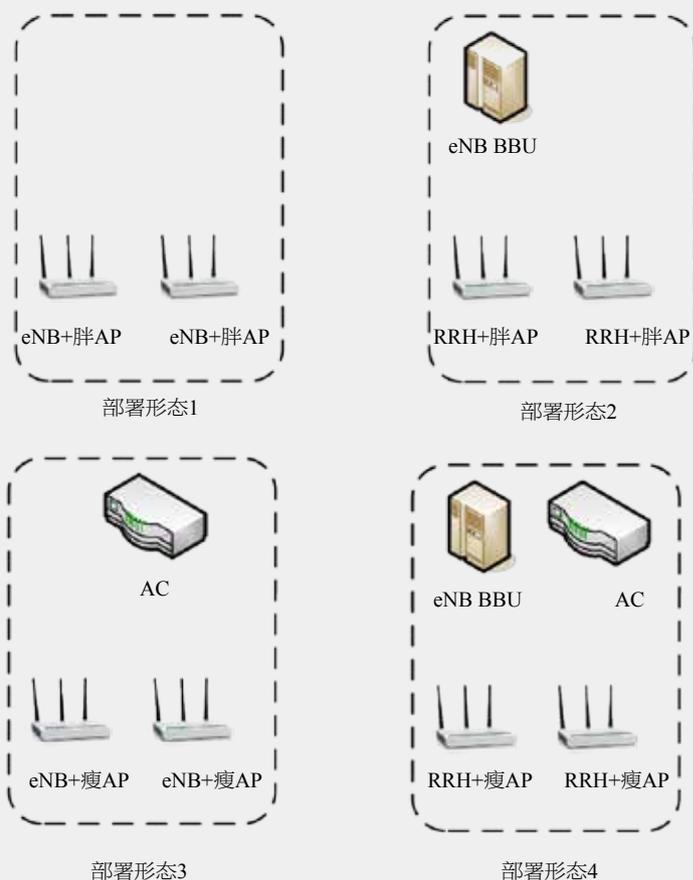


图2 LTE基站和无线局域网AP共站部署形态的多样性

3GPP R13还提出了LTE直接使用非授权频段的研究立项，即LTE辅助的接入（LAA）。LAA技术通过载波聚合技术将非授权频段资源作为辅载波参与数据传输，从而为授权频段分流负荷。然而，这种技术对物理层和MAC层改动很大，实际商用中也会受到政策、UE能力等诸多限制。

本文主要介绍了LTE/WLAN无线侧紧耦合场景、架构和协议栈，并通过将其与MP-TCP以及LAA技术进行对比，阐明了其在未来5G超密集网络中的应用前景。

紧耦合场景和架构

LTE/WLAN紧耦合的基本架构如图1所示，WLAN数据分流点在基站处，在不改变WLAN的802.11空口的前提下，基站利用WLAN链路进行部分数据传输，实现动态的数据分流。由于该方案中的WLAN链路对核心网不可见，因此也可以最小化对核心网的影响。在紧耦合架构设计中，需要考虑实际的基站和接入点（AP）的部署形态。

LTE基站和WLAN AP的部署形态上非常多样，通常我们可以把他们分为共站部署形态和非共站部署形态。图2列举了几种比较典型的基站/AP共站部署的形态。如图2，由于基站常见的部署有集中式部署（C-RAN，集中式基带池BBU）和分布式部署（D-RAN）的不同，WLAN接入点也有胖AP和瘦AP+接入控制器（AC）的不同，他们相互组合形成了图2中的4种比较典型的共站部署形态。实际商用部署中，即使是瘦AP+AC的部署架构，也有不同的功能切割方式，有些厂商的瘦AP基本只有802.11 PHY层的功能，而MAC层及LLC层的处理都在AC上，也有一些厂商的瘦AP基本上具有较为完整的PHY和MAC层的功

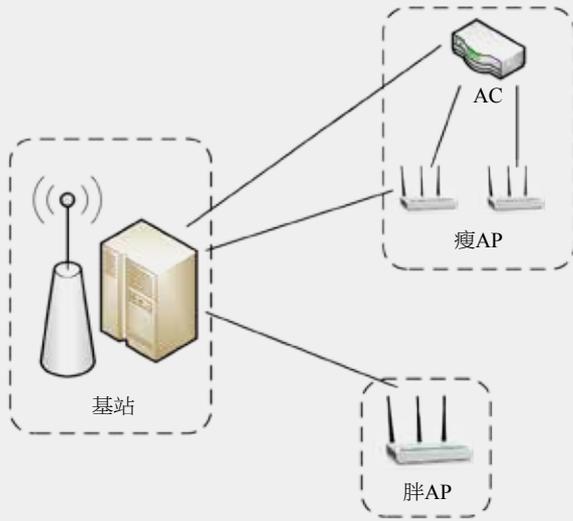


图3 基站与不同WLAN部署形态间的接口图

能。因此，各种共站部署形态再加上非共站部署形态，LTE基站和无线局域网耦合的场景的多样性对架构设计带来了挑战。

图3是一种可灵活应用到各种基站/AP部署形态上的紧耦合接入网架构图。考虑到WLAN实际部署中的多样性，与基站建立控制面接口（命名为Xw-C）的WLAN网元根据实际部署情况可以为AC，也可以为AP，与基站建立用户面接口（命名为Xw-U接口）的WLAN网元根据实际部署情况同样可以为AC，也可以为AP。在实际部署中，如图3所示，在像胖AP这样的部署场景，控制面和用户面接口都建立在基站和AP之间，而在像AC+瘦AP（AP具有完整的PHY/MAC功能）这样的部署场景中，则控制面接口可能在基站与AC之间，用户面接口可能在基站与AP之间。另外，在基站和AP共站的情况下，基站和AP间的接口可能在站内实现。

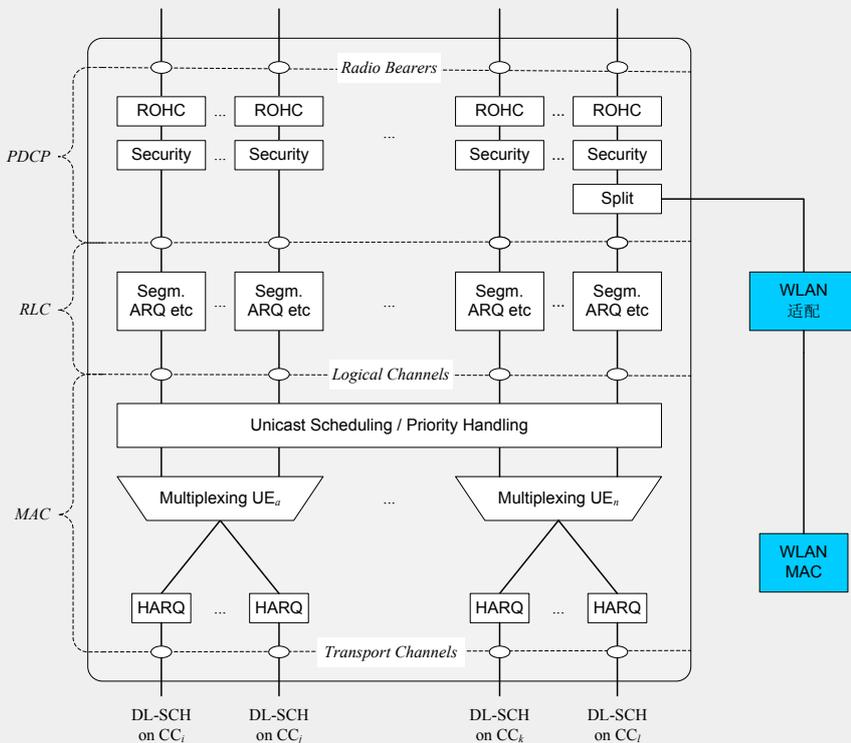


图4 PDCP分流方案

空口协议栈

紧耦合空口协议栈依据分流点的选择有多种设计方案，比较典型的设计方案如图4所示。图4是一种PDCP层分流方案，该方案的主要特点是分流点/聚合点选择在PDCP层做完头压缩和安全加密之后，在RLC分段之前。这种方案和双连接承载分裂3C架构的分流点选择相同，因而在产品实现中可以尽可能地复用双连接架构的产品实现，缺点是WLAN链路的丢包或者拥塞会直接反映到PDCP层，而由于PDCP层缺少处理的手段，因而其影响会直接反映到TCP层，最终可能导致TCP性能下降。另一种分流方案也可以选择在RLC层分流，由于分流点在RLC层的ARQ功能之下，因而可以利用ARQ功能改善通过WLAN链路传输的数据包的可靠性，并且可以

在首传和重传的路径选择上做一些优化，例如通过WLAN链路首传的数据包，重传链路选择LTE的MAC，这样尽可能避免首传和重传都选择了可靠性较低或者拥塞的链路。通过RLC层的屏蔽作用，WLAN链路的丢包或者拥塞的影响不容易传递到TCP层，从而在WLAN链路不稳定的时候相对于PDCP层分流的方案有更好的性能。

在上面的方案中，WLAN适配层的作用主要是起到PDCP或RLC层与WLAN的MAC层对接的作用。代表性的设计方案有两种，第一种方案完全兼容现有的WLAN的产品实现，WLAN适配层由IP/LLC层组成，这样对现有WLAN协议栈的兼容性最好，但是IP/LLC层的包头开销会降低空口效率；另一种方案着眼于最大化空口效率，方案不采用IP/LLC层的架构，而是设计新的适配层直接调用WLAN



紧耦合技术在融合无线局域网和蜂窝网上相比于现有技术有较大的性能提升，在聚合非授权频段和授权频段上，相比LAA技术能获得更大的聚合带宽，同时有利于保护现有WLAN投资，更好地实现WiFi阵营和蜂窝网阵营的双赢。

MAC的服务接入点（MAC-SAP）以实现WLAN数据传输，该方案不兼容现有的WLAN LLC层协议栈，需要对现有WLAN AC/AP产品进行升级，或者部署新的WLAN AC/AP。从商用化角度来看，第一种方案支持终端和AP使用传统的WLAN芯片，也支持已部署的AP，因此可以作为一种初期的方案，而第二种方案可以作为标准化的主要方案。

方案比较

表1将紧耦合技术和另两种典型的非授权频段和授权频段联合传输的技术进行对比，从多个维度的对比中，基本可以看出现有的MP-TCP+IFOM技术部署起来相对容易，对UE影响较小，但根据相关研究的实测结果性能上相比紧耦合差30%左右，而LAA技术在对空口的影响上明显大于紧耦合技术，聚合的带宽上也小于紧耦合技术，因而在用户峰值速率上不如紧耦合（虽然可能LAA的频谱效率受益于LTE的干扰协调和消除等物理层技术可能较紧耦合更高）。此外，在演进性和共存性方面LAA也有明显的短板。因而，综合来看，紧耦合技术在5G超密集网络部署中仍具有不可替代的市场地位和前景。

本文介绍了紧耦合技术在聚合授权频段和非授权频段技术中的应用，对紧耦合的架构和协议栈进行了设计和分析，并将其与现有的LTE/WLAN互操作技术以及LTE直接使用非授权频谱的LAA技术进行了对比，通过分析及部分实测结果，说明紧耦合技术在融合无线局域网和蜂窝网上相比于现有技术有较大的性能提升，在聚合非授权频段和授权频段上，相比LAA技术能获得更大的聚合带宽，同时有利于保护现有WLAN投资，更好地实现WiFi阵营和蜂窝网阵营的双赢。 ZTE中兴

表1 紧耦合与另两种融合非授权频段方案的比较

	MP-TCP+IFOM	紧耦合	LAA
分流锚点	核心网、TCP层或IP层	基站、PDCP或RLC层	基站（MAC层）
控制点	UE（ANDSF或基站辅助）	基站	基站
时间粒度	半静态	动态	动态
联合传输最大带宽	LTE授权载波100MHz+802.11非授权载波160MHz	LTE授权载波100MHz+802.11非授权载波160MHz	LTE（授权载波+非授权载波）100MHz
对用户面协议栈影响	TCP层	WLAN适配层+LTE PDCP或RLC层	LTE MAC/PHY层
与WLAN的共存	完全共存	完全共存	需要先听再发（LBT）机制
是否能随802.11的演进共赢	是	是	否
标准化支持	已支持	未支持，最早在R13立项	未支持，已在R13立项
对UE的影响	主要影响NAS层和RRC层	部分方案兼容现有WLAN芯片，仅修改LTE芯片	需要新LTE芯片
是否支持普通WLAN用户	是	是	否，需要另外的WLAN AP模块才能支持普通WLAN用户
接入网部署方式	不影响	需要升级现有基站或部署新基站	需要部署新基站
对现有WLAN AP的影响	不影响	部分方案兼容现有WLAN AP	不影响

Telenor Pakistan

勇夺巴基斯坦运营商 KPI 测评榜首

陈竹青，索启明（中兴通讯）

Telenor Pakistan (TP) 是巴基斯坦第二大运营商，全网 3300 万用户，全国有 7500 个无线站。自 2005 年开始运营以来，油料管理难度大、能源消耗日益严重、网络指标提升困难等就成为 TP 网络运维和网络发展面临的最大问题。

2012 年，中兴通讯和 TP 签署为期 8 年的多厂商管理服务合同，服务界面包括全网主设备和外配套设备的一线和二线维护、站点安保、加油管理、备件管理、油机大修等。自中兴通讯接手网络运维以来，凭借专业化的业务能力和敏捷快速的服务响应，使 TP 月度用户数量增长处于巴基斯坦前两位，用户数占比从 24% 上升至 25%。2014 年，TP 在巴基斯坦运

营商 KPI 测评中指标最高（见图 1）。

流程优化结合 IT 工具应用，彻底解决能耗问题

受自身经济社会发展的影响，巴基斯坦年平均无供电时长约为 12 小时/天，夏季高峰期，平均无供电时长甚至可能超过 17 小时/天。因此，油机成为确保站点正常运行的最主要供电设备，而油耗也自然成为站点 OPEX 的重要组成部分。而且在落后地区，受国情民情因素制约，站点的油料被盜情况非常严重，当地电信服务市场甚至普遍有分包商通过盜油来获取非法利益的情况。能源管理无疑成为巴基斯坦网络运营的首要难题。

中兴通讯从流程优化和闭环控制着手，



结合 IT 工具应用实现精细化管理，从根本上改变了油料管理的原有模式，有效防止偷油事件的发生。

- 强化加油计划管理与审核

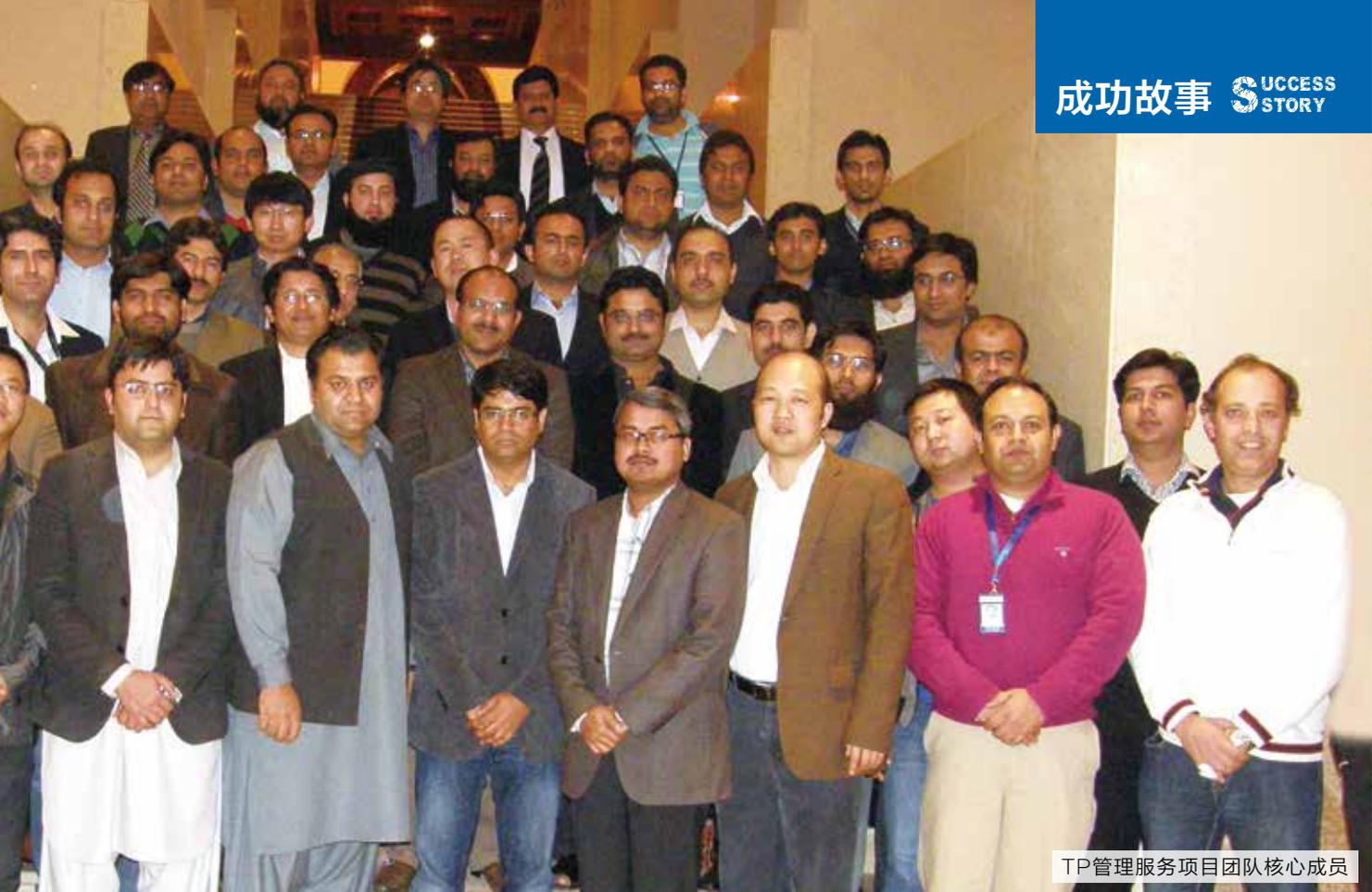
在充分了解供电情况的基础上，根据停电周期针对不同站型制定不同的加油计划，站点停电频繁的多去，停电状况良好的少去，尽量不让站点上有多余用不完的油料。如此一来，不但降低了部分站点的加油频率，减少了上站次数，最重要的是，让站点油量管理更加透明，一旦出现多报多加，很快就能找到问题源头。

- 结合 IT 工具实现精细化管理

中兴通讯接手运维之前的模式是，加油人员加油后在站点输出手写报告，再由安保分包商进行人工收集和数据处理，按月汇报。这样不但会造成加油数据统计延迟，更给加油分包商、安保分包商的假报、瞒报留下了空间。中兴通讯接受运维之后，由 NOC 每日输出加油日报，对加油情况的真实性每日进行跟踪和验证。同时，中兴通讯定制开发了油料管理 IT 系统，要求站点加油人员直接通过系统填报



图1 中兴通讯助TP用户增长，网络KPI居巴基斯坦榜首



TP管理服务项目团队核心成员

上站时间、加油时间、加油量等数据。NOC在管理过程中可以按日获取数据，实现对油料去向的实时跟踪。

- 实现加油工作的全流程管理

由TP项目成员、中兴通讯运维人员、安保人员、质量人员、区域负责人、安保分包商的督导等组成联合检查组，不定期到现场检查取油、运输、加油、FSR签订等环节。

经过一年多的实践，油料控制的效果进一步得到体现，目前TP全网每月油耗成本下降37%，月油耗误差从11.1%收敛为5.5%。

敏捷响应结合专业化项目管理能力，网络性能达到历史最好水平

TP网络性能的问题由来已久，原因一方面来自网络本身，更重要的因素则来自于站点当地的自然和人文环境，交通不便、油料短缺，部落割据、安全形势严峻等现实情况甚至常常造成很多地区当地人夜间也不愿意去，给网络维护造成极大的障碍，提升网络性能的难度不言而喻。

中兴通讯接手网络运维之后，凭借专业化的项目管理能力，结合敏捷快速的服务响应，从多个维度优化运维管理模式，大幅提升了网络性能，超越了TP预期。

优化网络性能管理机制，敏捷响应

在月度专题KPI分析及应对策略会议基础上，在每个区域设立作战室，联合TP项目人员、安保分包商、一线维护分包商现场办公，快速解决问题。同时通过联合上站，现场解决站点疑难问题。

- 优化分包商管理机制

对分包商实施嵌入式管理，深入了解分包商的组织架构、内部运作情况，定时检查人员情况、备件耗材准备情况等，确保分包商有能力保证结果的达成，提升分包商备件配备水平和对分包商的资源管控能力。加强站点检查的力度，提升分包商质量意识。

- 补齐严重影响网络KPI的问题短板

TP现网站点油机占比超过90%，油机器老化程度严重，在巴基斯坦恶劣的供电条件下，油机故障成为影响网络KPI的

首要问题。中兴通讯通过多方渠道选择和筛选多家合适的油机大修分包商资源，并严格把关油机大修质量，确保了现网油机的良性运行，从而奠定了网络的正常运行基础。

- 慢就是快，严格要求示范站质量标准 严把质量关，以每天1~2个示范站的速度，提升示范站运作效果，提高分包商运维水平。

经过中兴通讯系统化的管理提升，截至2014年8月，TP网络KPI已连续10个月超过目标值，达到Telenor Pakistan网络历史最好水平。

根据2013年巴基斯坦通信管理委员会发布的Annual Cellular Subscribers报告，在过去的两年里，TP的用户增长始终位于巴基斯坦前两位，用户数已超过3500万，市场占有率达到25.15%，与位列第一的Mobilink（市场占有率29%）仅一步之遥，与此同时，TP还同时拥有巴基斯坦最好的无线网络（KPI最高）。中兴通讯用实际行动验证了签约时的承诺。**ZTE中兴**

4G网络技术新境界： 跨制式CA及业界首创四模BBU

张燕（中兴通讯）

随着移动互联网的发展，数据业务需求呈爆炸式增长，同时，新型移动业务的发展日新月异，每天都有上千款新的移动应用在各大平台“抢夺”用户。要提升用户感知，对于网络容量和速率需求越来越高，亟需通过多种方式提升网络容量，如MIMO增强、高阶调制和异构网络部署等。其中载波聚合通过频谱扩展的方式提升网络容量，成为应对数据业务爆炸式增长最为有效的手段之一。

载波聚合是LTE-A的核心技术，可以把相同或不同频段下的两个以上的载波合并为一个信道，成倍提高LTE小区的峰值速率。同时该技术还可有效规避邻区同频干扰，提升LTE网络性能，更灵活地实现主辅小区间的负载均衡，提升网络容量。载波聚合技术的应用，能够让运营商为移动用户提供更高速、更丰富的业务体验，更好地应对数据业务流量的爆发式增长，提高LTE网络的竞争。

从2013年开始已经陆续有运营商进行了载波聚合的商用化部署，如北美的Verizon/Sprint、韩国的SKT/KT等，随着终端等产业链的不断完善，载波聚合全球部署的规模逐渐增大。早在2013年亚洲通信展中，中兴通讯业界首家现场演示F+D跨频段4载波的载波聚合（CA），演示速率达到1Gbps。实际应用中，香港移动通讯有限公司(CSL Limited)联合中兴通讯有限公司演示了现网中1800MHz+2600MHz跨频段载波聚合(CA),演示速率达到300Mbps，中国移动也一直走在TDD载波聚合的最前列。而如今，中兴通讯更进一步，积极创新致力于跨制式FDD&TDD载波聚合的研究测试，并首创多模融合BBU，更好地实现FDD和TDD深度融合和FDD&TDD跨制式载波聚合。

在4G网络建设过程中，运营商的可用频谱具有以下几个特点：一，随着4G的规模化发展，运营商已经或即将获取到的LTE频谱资源日趋丰富；二，随

着2G/3G逐渐退服，释放出大量频谱资源，但这些频谱资源具有带宽小和离散不连续等特点；三，运营商在FDD频谱基础上，同时又获取到了大量TDD可用频谱，但是利用效率有待提高。针对上述特点，在频谱资源日益宝贵的市场环境下，载波聚合技术为拥有分散的、不连续频谱资源的客户带来了福音——可以聚合多个载波，极大提高了频谱利用率，降低建网和运营成本。

载波聚合，通过多个连续或者非连续的分量载波聚合获取更大的传输带宽，从而获取更高的峰值速率和吞吐量。为了实现LTE向LTE-A的平滑升级，降低运营商的建网成本以及保持与LTE系统的良好兼容性，LTE-A在Rel-10中限定进行聚合的每个分量载波完全兼容LTE终端，每个载波带宽为LTE现有带宽，同时每个分量载波都包含同步和广播等系统信息。参与聚合的载波可以是连续的，可以是非连续的，各个载波可以位于同一频段，也可以位于不同频段，如图1所示分为带内连续载波聚合、带内非连续载波聚合以及带间非连续载波聚合。

载波聚合首次在3GPP Rel-10版本引入，并对载波聚合基本架构和关键技术进行了标准化，并在Rel-11版本针对部分遗留问题如上行载波聚合和不同配比TDD载

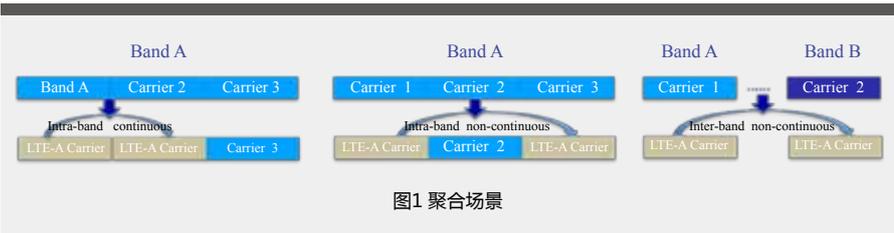


图1 聚合场景



中兴通讯FDD+TDD跨制式载波聚合 (Carrier Aggregation) 将FDD/TDD LTE融合为类同制式同小区，结合运营商频段利用情况，可充分利用有效频段资源，降低建网运营成本。

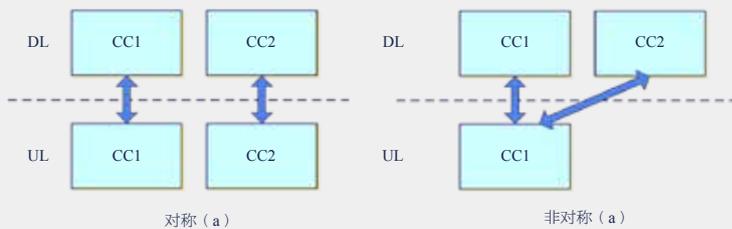


图2 对称和非对称载波聚合示例

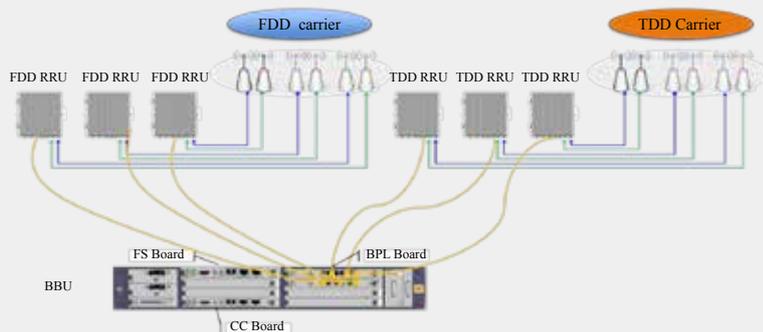


图3 异制式CA方案配置图：3×FDD RRU (e.g.R8882) +3×TDD RRU (e.g.R8978)

波聚合等进行了标准化，并根据不同区域运营商需求完善了多种频段和带宽组合场景的标准化；对于FDD+TDD的载波聚合在3GPP Rel-12版本引入，并在2104Q2功能冻结。

因此，聚合载波可以是同制式，也可以是不同制式。

TDD系统中LTE每个小区对应一个下行载波和一个上行载波（对于TDD工作在相同载波或频段上），每个UE接入到一个小区中。在载波聚合中，引入了多个载波的概念，考虑到上下行的非对称，LTE-A载波聚合中对应的每个小区对应一个DL载波和可选的上行载波，载波聚合的概念在高层看来也就相当于小区的聚合，每个UE可以同时接入到多个小区。

在FDD系统中，考虑到上下行业务的非对称性，载波聚合可以同时支持上下行对称频谱聚合和上下行非对称频谱聚合。同时考虑下行业务量通常大于上行业务量，Rel-10中仅考虑下行载波个数大于等于上行载波个数的情况，如图2b所示，其中下行两载波聚合，上行单载波，此时DL CC1和DL CC2的HARQ和CSI等信息都通过UL CC1来反馈，图中箭头表示上下行载波的linkage关系。

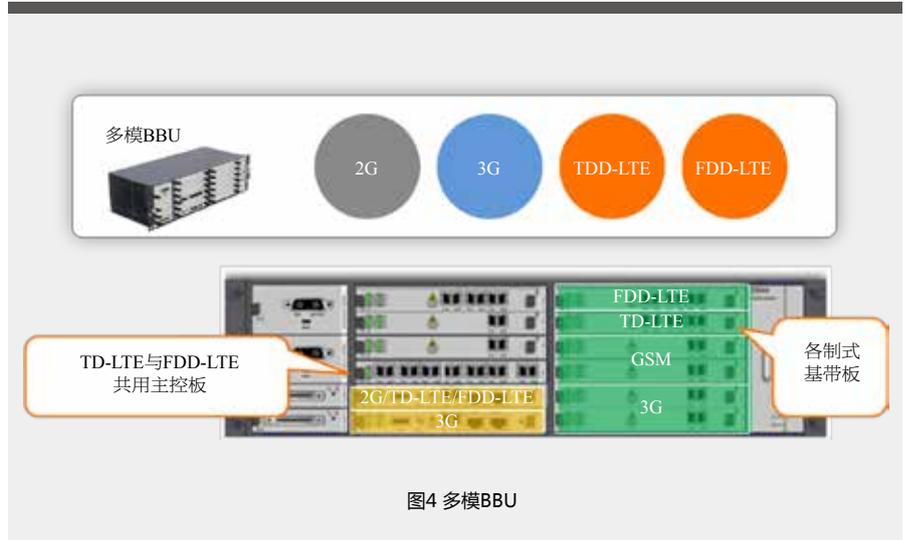
中兴通讯FDD+TDD跨制式载波聚合 (Carrier Aggregation) 将FDD/TDD LTE融合为类同制式同小区，配置方案如图3所示，结合运营商频段利用情况，可充分利用有效频段资源，降低建网运营成本，并具有以下明显优势：

- 覆盖扩展：对于多个小区的聚合，具备覆盖优势的FDD-LTE小区作为主小区，有效提升整网的覆盖，降低UE的切换频率。
- 提高单用户的吞吐量、改善用户体验：处于高频段的TDD弱覆盖/边缘区域，通过跨制式CA，调度TDD与

FDD资源，提高单用户数据业务速率，改善用户体验。

- 负荷均衡更灵活，减少切换频率：非CA下，不同小区的负荷均衡仅能通过切换的方式完成，在CA模式下，用户在多个聚合小区进行灵活调度，提高聚合小区的资源利用率，使UE在负荷较小的小区上获得更多的调度机会、更高的吞吐率，从而提升小区整体的吞吐率，提升用户感知。

基于FDD/TDD融合建网，为了更好地实现跨制式CA，中兴通讯秉承“基于客户需求快速创新”理念，整合无线平台资源融合多元技术，面向未来移动网络发展，业界首创多模BBU。相比于双模BBU，多模BBU亦是基于MicroTCA架构，但突破性地支持更多无线接入制式，单BBU同时支持2G/3G/4G，TDD LTE和FDD LTE可配置在一块主控板上（见图4），可实现FDD/TDD负荷分担、话务均衡，具备多载波调度效率高、统一算法和调度策略、支持集中式调度器等方案优势，是实现FDD和TDD深度融合及跨制式载波聚合的最佳方案。



多模BBU产品特点：

- 面向2G/3G/4G的SDR软件平台：采用MicroTCA架构设计，全球发货量已达25万套，成熟稳定。
- 高集成度、大容量，多模配置适应多制式并存：支持大容量，单基带板集成度高，同时支持2G/3G/4G。
- 支持基带池交换，基带资源共享：根据话务量灵活调度基带资源，实现基带资源共享，适应各种话务分布场

景。灵活的基带资源调度可统一规划容量，合理均衡话务，解决潮汐现象；节约设备投资成本，降低资产闲置率。

- 插箱式设计，布线灵活：可安装于标准19英寸机架内，也可采用室内挂墙、落地等方式独立安装，占地面积小，安装灵活。

随着用户对使用体验要求的提升，以及频谱资源的日益珍贵，未来，频谱资源聚合使用是网络演进的大势所趋。国际上，几乎所有先进的LTE运营商都在积极部署载波聚合，尽可能把手中的频谱资源聚合使用。国内，中国移动也走在TDD载波聚合的前列，中国电信和中国联通对载波聚合都比较关注，当前正在进行相关的测试工作，预计在2014年底或2015年开展规模化部署。TDD与FDD之间的载波聚合也将为TDD和FDD开创出LTE的新境界，多模BBU将为跨制式CA提供坚实的基础，LTE网络将能够在承载巨大数据流量的同时，为用户带来更好的感知，节约更多的频谱资源，帮助运营商从网络流量中找到“黄金屋”。 ZTE中兴



PTN业务自动激活， 开启智能化业务新模式

郑盼（中兴通讯）

PTN（Packet Transport Network）技术和产业链不断发展和成熟，PTN设备已经实现承载2G、3G、TD-LTE、专线业务。如何快速高效地进行各类业务的开通，已成为运营商迫切关注的问

题。上海移动在业务实际配置时遇到以下问题，如PTN配置时长平均为SDH的5~10倍，PTN的参数配置数量平均为SDH的10~15倍；PTN的北向接口比较完善，南向接口缺失严重。因此，网络的

管理面临了新的挑战。

为提升PTN业务配置效率，上海移动网运中心和中兴通讯携手在业界率先开展PTN激活领域的创新与科研攻关工作。中兴通讯对业务自动激活分析、研究、开发、测试并进行了实验室验证、现网验证。中兴通讯开发的PTN业务自动激活系统遵循中国移动激活系统与网管接口、激活系统与综资系统接口规范，可以智能化完成客户要求的业务开通，在业界属于首例，处于领先地位。PTN业务自动激活系统如图1所示。

PTN业务自动激活系统，智能化解析综合资管派发的业务工单，生成相关业务配置数据，通过网管下发给PTN网络设备，实现业务的自动化配置。

PTN业务自动激活系统智能化的业务开通效能主要体现在以下几个方面：覆盖全面的业务场景、灵活的可扩展性、无缝隙的网络对接、完善的安全管理机制。结合系统初期使用的体验，业务开通时间缩短60%，大大提高网络运维效率（见图2）。

● 覆盖全面的业务场景

PTN业务自动激活系统全面支持2G、TD、TD-LTE、专线四大业务场景，现有的业务类型包括：2G TDM、TD类EVPL、LTE EVPL等，激活系统通过综合资管下发的业务工单中的电路群号、业务类型、VLAN等信息来识别业务。PTN自动激活系统对业务工单进行解析，解析

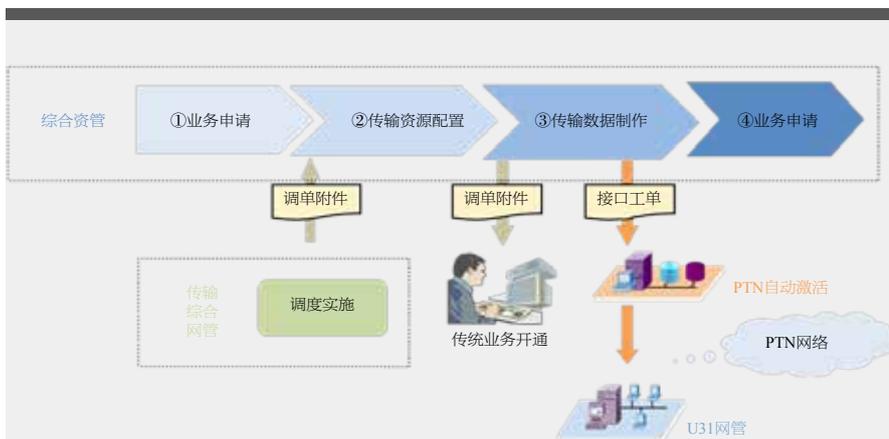


图1 PTN自动激活系统示意图



图2 PTN自动激活系统效率提升



成功后，进行业务调度处理和业务计算，生成相关的业务配置数据，业务配置数据通过PTN业务自动激活系统与网管服务器间的业务配置接口，传送到网管，下发给PTN网络，完成PTN业务配置。

PTN业务激活系统取代传统的人工配置，避免了手工输入方式易错、业务量大时耗时的缺陷，极大提高了业务开通效率，降低人工和成本。

● 灵活的可扩展性

PTN自动激活系统内部由多个模块组成：业务工单解析、启动/执行、输入/输出、字段参数说明/工单校验规则、系统管理、预配置业务生成，业务工单经过这些模块的解析即可生成相关的业务配置数据。模块化的组成方式，便于日后对系统功能进行改进和升级，易于扩展。

● 无缝隙的网络对接

PTN自动激活系统介于综合资管和PTN网管之间，向上，需要接收综合资管下发的业务工单，反馈异常的工单信息，向下，需要将业务工单解析出来的业务配置数据下发给网管。三者之间接口不同，中兴通讯研发的PTN自动激活系统，符合上海移动制定的《激活系统与中兴网管接口参数规范》、《激活系统与综资系统接口参数规范》等标准，从而实现无缝对接。

● 完善的安全管理机制

当综合资管下发的业务工单异常时，PTN自动激活可以对异常工单进行处理，记录执行异常的工单信息，并且自动激活系统支持自动回滚处理功能，当出现业务激活失败时，能够根据配置的业务自动回

滚。智能化的处理，保证业务的正确性。

PTN自动激活系统可以将资管、调度、网管、设备纳入整个自动化流程，体现了IT手段在运维效率提升的关键支撑作用，是推进PTN在LTE开通领域的关键成果。通过PTN自动激活系统，PTN新装、拆除业务自动完成激活过程，取代目前繁琐的手工配置，有效提升了业务开通效率。例如，在系统使用初期，某项任务涉及160份LTE工单，原计划需要10人两天完成，改用PTN自动激活系统操作后，只需4人在当天就顺利完成工单任务。

“PTN业务自动激活系统”在中国移动获得高度认可，被评定为中国移动集团2014年科技创新一类成果。随着“PTN业务自动激活系统”的推广应用，必将有力促进运营商运维向高效、智能化方向迈进。 **ZTE中兴**



真沟通, 面对面

中兴通讯TrueSee“幻真”远程呈现系统

TrueSee

世界各地团队 时刻在您身边

我们深知,您分布在全球各地的公司分支,造成了信息沟通的鸿沟。中兴通讯 TrueSee“幻真”远程呈现系统,为您解决远距离信息沟通问题。采用 1:1 真人呈像技术,令镜头中的每个人如真正在你身边一般,让您时刻置身于真实的会议氛围中。

- 1:1 真人呈像技术
- 文档共享协同
- 1080P 高清分辨率
- 触摸式会控
- 眼神交流、立体音效
- 环境定制设计

www.zte.com.cn

ZTE中兴

ZTE中兴 | NBA

NBA 官方手机合作伙伴

4G



占得天机 快人一步

最快4G手机 ZTE GRAND S II

极芯澎湃 · 极清语音 · 极行全球