



网络

5G 云、网、业一体游牧式部署方案

徐芙蓉¹, 崔航¹, 于天意¹, 张龙¹, 程锦霞¹, 幸锋², 关武能³, 刘京¹, 邓伟¹, 丁海煜¹

- (1. 中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053;
2. 中国移动通信集团云南有限公司, 云南 昆明 650100;
3. 中移物联网有限公司, 重庆 401120)

摘要: 应急场景(如洪涝等)、移动场景(如露天矿等)以及行业临时覆盖场景(如巡回比赛等)等具有敏捷的 5G 网络部署和灵活本地应用部署需求, 现有应急通信车、无人机通信等方案具有回传不灵活、业务不满足、场景不全面等三大痛点。针对上述场景的需求和痛点, 创新性地提出云、网、业一体游牧式部署方案, 包括智简无线覆盖单元、智简回传单元、智简计算单元、智简配套单元 4 个部分。通过智简无线覆盖单元和智简回传单元, 打造一张无处不在的网, 有需求就有 5G; 通过智简计算单元打造一朵无处不在的云, 有基站就有云; 通过智简配套单元实现 5G 网络的灵活移动。5G 游牧式基站将“云、网、业”一体化集成, 可实现灵活移动的 5G 网络和云, 可满足应急救援场景、移动场景和行业临时覆盖场景等需求。

关键词: 云、网、业一体; 游牧式部署; 智简回传; 智简计算

中图分类号: TN929.5

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022113

5G nomadic deployment proposal of base station integrated with cloud and service

XU Furong¹, CUI Hang¹, YU Tianyi¹, ZHANG Long¹, CHENG Jinxia¹,
XING Feng², GUAN Wuneng³, LIU Jing¹, DENG Wei¹, DING Haiyu¹

1. China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China
2. China Mobile Group Yunnan Co., Ltd., Kunming 650100, China
3. China Mobile IoT Co., Ltd., Chongqing 401120, China

Abstract: Emergency scenarios such as floods, mobile scenarios such as open-pit mines, temporary coverage scenarios such as touring competitions have agile 5G network deployment and flexible local application deployment requirements. Existing solutions, such as emergency communication vehicles, drone communications, have three major problems, including inflexible backhaul, unsatisfied service, and incomplete scenarios. In response to the above-mentioned scenario requirements and problems, an innovative nomadic deployment proposal of base station integrated with cloud and service was proposed. It contained smart-simplified wireless coverage unit, smart-simplified backhaul unit, smart-simplified computing unit, and smart-simplified supporting unit. Smart-simplified wireless coverage unit and smart-simplified backhaul unit build a ubiquitous network. Where

there was demand, there was 5G. Smart-simplified computing unit builded a ubiquitous cloud. Where there was base station, there was cloud. Smart-simplified supporting unit realized the flexible movement of 5G network. The 5G nomadic base station integrated cloud and service to achieve flexible mobile 5G network and cloud, which could meet the needs of emergency rescue scenarios, mobile scenarios, and temporary industrial coverage scenarios.

Key words: base station integrated with cloud and service, nomadic deployment, smart-simplified backhaul, smart-simplified computing

0 引言

作为“新基建”之首, 5G 是促进经济社会数字化、网络化、智能化转型的重要引擎, 为贯彻落实习近平总书记关于加快 5G 发展的重要指示精神和党中央、国务院的决策部署, 中国移动已在全国建设了超过 50 万个 5G 基站, 建造了国内规模最大的 5G 网络, 可为民众和行业提供优质的 5G 网络服务。但在一些特殊场景下, 现有网络无法满足需求, 如在洪涝、火灾、地震等应急救援场景下, 已有的 5G 网络可能遭到破坏, 需要提供敏捷的 5G 网络; 如在船舶、移动直播等移动场景下, 传统 5G 网络无法根据业务需求进行移动, 需要提供灵活、可移动的 5G 网络; 同时, 在一些行业场景下, 如巡回比赛、露天矿、野外科考、智慧工地等场景下, 不仅需要敏捷的 5G 网络, 还具有数据不出场和本地数据处理的需求。

总体来看, 部分场景下存在灵活、敏捷的 5G 网络部署和快速的本地应用部署需求。上述场景存在如下特点。

- 场景种类多, 包括室内、室外、移动等场景, 如巡回比赛为室内场景, 洪涝为室外场景, 露天矿为移动场景, 根据开采的进度, 矿山位置会发生变化, 网络也许随之移动。
- 业务需求多, 包括数据不出场和本地数据处理等, 如行业的露天矿、野外科考等场景均要求数据不出场和本地处理。
- 性能要求高, 包括大上行、低时延等要求, 如露天矿场景中存在无人卡车的远程控制

业务, 对网络有低时延要求, 如智慧工地场景中存在安全帽检测、人脸检测等业务, 对网络有大上行要求。

针对上述场景需求, 现有提供快速 5G 网络服务的主要有应急通信车、无人机通信等, 但存在回传不灵活、业务不满足、场景不全面 3 大痛点, 具体如下。

- 回传不灵活: 卫星回传带宽小且成本高, 光纤回传开通部署时间长。
- 业务不满足: 不具备本地数据处理设备, 因此不满足数据不出场的需求; 传输链路冗长, 因此不满足低时延需求; 卫星带宽受限, 不满足大上行需求; 不具备本地云, 不满足本地应用部署需求。
- 场景不全面: 应急通信车和无人机通信目前仅支持室外覆盖, 不适用室内场景。

1 云、网、业一体游牧式部署方案

1.1 整体方案

针对上述场景需求和痛点, 创新打造一套敏捷部署方案——云、网、业一体游牧式部署方案, 并联合产业共同研发云、网、业一体 5G 游牧式基站。

5G 云、网、业一体游牧式部署方案包含 4 个组成单元: 智简无线覆盖单元、智简计算单元、智简回传单元以及智简配套单元, 具体如下。

- 智简无线覆盖单元: 集成一款通用型 5G BBU, 可根据应用场景灵活选配 700 MHz/2.6 GHz/4.9 GHz 的宏基站/微基站/皮基站的 AAU/RRU, 满足室外广域、室外局域、室内等丰富场景的网络覆盖需求; 并集成



1D3U、超可靠低时延通信(ultra-reliable and low-latency communication, URLLC)、定位等软件功能,提供大上行、低时延、定位等能力。

- 智简计算单元: 集成本地分流实现数据本地卸载, 满足低时延、大上行和数据不出场等业务需求; 集成云算力和中国移动自研边缘计算平台(mobile edge computing platform, MEP), 实现网络能力的统一开放, 如定位能力的对外开放, 同时, 还可集成第三方应用, 如机器远控应用、AI 机器视觉应用等, 实现行业应用在本地的快速部署。
- 智简回传单元: 支持 4G/5G 网络、卫星网络、微波网络等多种无线回传方式和宽带、专线多种有线回传方式, 可以在任何有 4G/5G 网络、卫星、微波、宽带网络的地方实现 5G 基站的快速部署, 而无需依赖运营商传输资源限制, 满足灵活回传需求, 成本低且可支持 5G 基站的快速移动。
- 智简配套单元: 集成轻量化移动系统、天线升降系统和电源等, 相比传统的应急通信车, 可大幅提升产品的灵活性, 比如可部署在室内场景, 提供临时的 5G 网络覆盖。

智简无线覆盖单元提供 5G 网络覆盖, 智简计算单元可实现数据本地分流和处理, 智简回传单元实现基站和核心网的灵活、快速连接, 智简配套单元实现上述所有组件的灵活移动和天线的高度调整。不同数据路径如下: 公网用户发送数据

到智简无线覆盖单元, 经识别为回传大网核心网的数据, 将其送至智简回传单元, 并传输至大网核心网和 Internet; 专网用户发送数据到智简无线覆盖单元, 经识别为本地数据, 将其送至智简计算单元进行本地处理。5G 云、网、业一体游牧式基站架构和流程如图 1 所示。

5G 云、网、业一体游牧式基站的 4 个单元组合在一起, 即将网、云、业一体化集成, 且可提供 5G 网络覆盖和行业本地应用的快速部署, 满足行业云、网、业一体敏捷交付的需求。

1.2 智简计算方案

针对行业的数据不出场需求, 创新提出在游牧式基站系统中集成基站智简分流功能, 实现数据本地卸载, 基站智简分流原理如图 2 所示。基站智简分流功能不改变控制面信令流程, 仅对用户面数据进行识别, 可通过数据标签来识别得到本地数据, 从而转发至本地服务器。智简分流可识别的标签包括 PLMN、IP 五元组、切片 ID、DNS 域名等, 具体规则由无线网管配置下发, 基站仅进行标签的识别和路由转发, 从 PDCP 层或 N3 口对数据进行本地卸载^[1]。数据的本地卸载可使数据传输速率不受回传带宽的限制, 一跳直达, 满足低时延、大上行和数据不出场等业务需求。

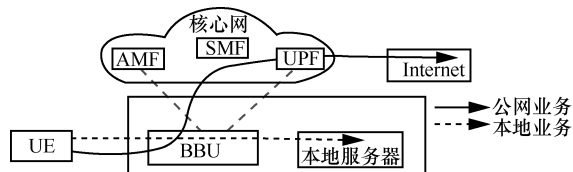


图2 基站智简分流原理

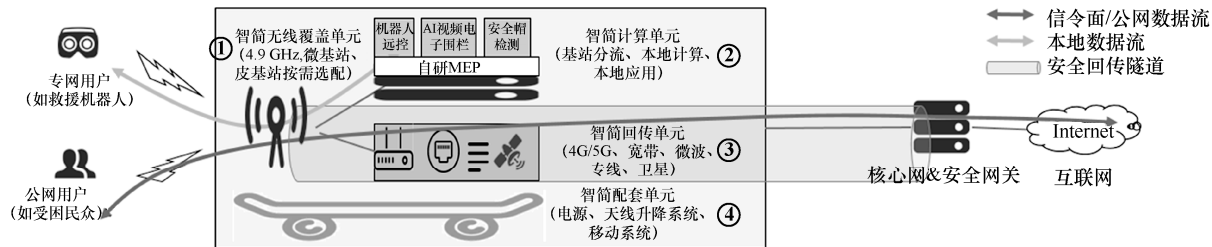


图1 5G 云、网、业一体游牧式基站架构和流程

集成本地分流功能后,本地数据的时延相比回传数据时延降低 45 ms,上行速率提升 190 Mbit/s 左右。本地数据和回传数据时延和速率实测结果见表 1。

针对行业的本地数据处理需求,创新提出直接在基站上集成轻量化云算力,部署典型应急场景应用,实现云、网、业融合,实现行业应用的本地快速部署和数据的本地处理。此外,智简计算单元还可集成 MEP,实现网络能力的统一开放,如定位能力、SLA (service level agreement) 监控指标等的对外开放,满足行业的高精定位需求和自监控需求。如在露天矿场景中,利用云、网、业一体化游牧式基站的智简计算单元集成机器远程控制应用,实现本地实时控制无人卡车的运行,满足业务的低时延、数据不出场等需求。

1.3 智简回传方案

1.3.1 CPE 回传方案

针对部分业务场景中具有的敏捷 5G 网络部署需求,创新提出一种通过 4G/5G 网络回传的智简回传方案。游牧式基站通过网线连接 4G/5G CPE,通过 CPE 接入 4G/5G 公网基站,经由 5G 公网核心网,将数据路由至安全网关,安全网关通过识别 IP 五元组,将数据送至游牧式基站对应的核心网和 Internet。通过 CPE 回传方案可以在任何有 4G/5G 网络的地方实现 5G 基站的快速部署,无需受运营商传输资源的限制。

为了实现上述的路径打通,需在网络侧增加一个安全网关设备,并在游牧式基站和安全网关间建立一条 VPN 隧道。该隧道一方面实现游牧式基站下的用户和核心网/Internet 以及基站和网管

间的互通,另一方面通过建立 IPsec 隧道实现对传输数据的加密,以防被监听或窃取。当 VPN 隧道采用加密特性的 IPsec 时,UE 控制面数据、用户面数据、网管数据路径具体如下。

- UE 控制面数据:上行方向,游牧式基站将发到 AMF 的 UE 控制面数据,封装到 IPsec 隧道,经 4G/5G CPE 发送至安全网关,安全网关将数据解封装恢复原始报文后根据 AMF 目的地址转发到 AMF;下行方向,AMF 发给游牧式基站下 UE 的数据,先发送至安全网关,安全网关将数据封装到 IPsec 隧道后发送至游牧式基站,游牧式基站解封装后恢复原始报文并发送至 UE。
- UE 用户面数据:上行方向,游牧式基站将发到 UPF 的 UE 用户面数据,封装到 IPsec 隧道,经 4G/5G CPE 发送到安全网关,安全网关将数据解封装恢复原始报文后根据 UPF 目的地址转发到 UPF;下行方向,UPF 发给游牧式基站下 UE 的数据,先发送至安全网关,安全网关将数据封装到 IPsec 隧道后发送至游牧式基站,游牧式基站解封装后恢复原始报文并发送至 UE。
- 网管数据:上行方向,游牧式基站将发到网管的管理面数据封装到 IPsec 隧道,经 CPE 发送到安全网关设备,安全网关将数据解封装恢复原始报文后根据网管目的地址转发到网管;下行方向,网管发给游牧式基站数据,先发送到安全网关,安全网关将数据封装到 IPsec 隧道后发送到游牧式基站,解封装后恢复原始报文。

CPE 回传架构和数据路径如图 3 所示。

表 1 本地数据和回传数据时延和速率实测结果

数据路径	端到端平均时延/ms	上行速率/(Mbit·s ⁻¹)	下行速率/(Mbit·s ⁻¹)
客户前置设备(customer premise equipment, CPE)回传公网数据	55	13.25	268.77
本地数据	10	204.2	256.6

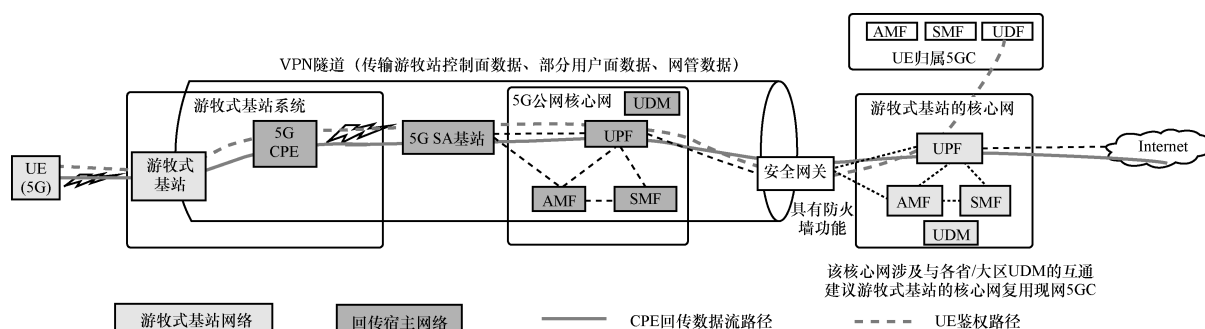


图3 CPE回传架构和数据路径

在CPE回传方案中,VPN隧道建立的终点为安全网关,VPN隧道的起点可以是基站,可以是CPE,也可以是基站和CPE之间的路由器。当起点为基站和CPE时,要求5G基站和CPE额外支持VPN隧道功能;当起点为路由器时,对基站和CPE无额外要求。

3种不同的隧道起点对应3种隧道建立方案,各隧道建立方案的时延和速率测试结果见表2。

从测试结果可以看出,在同等测试条件下,

CPE建立隧道时,下行速率明显降低,因为CPE建立IPsec隧道后,CPE资源消耗过多,处理能力下降,最大速率仅能达到30 Mbit/s左右。CPE开启和关闭IPsec前后的性能对比如图4所示。

综合上述测试结果,在基站支持IPsec隧道功能时,建议优先采用由基站建立IPsec隧道,可保证回传速率性能较优;在基站不支持IPsec隧道时,且对回传速率无太高要求(如仅传输信令和

表2 不同隧道建立方案的实测结果

隧道起点	端到端平均时延/ms	上行速率/(Mbit·s ⁻¹)	下行速率/(Mbit·s ⁻¹)
基站	61	12.35	311.26
CPE	72	11.18	27.48
路由器	55	13.25	268.77

注:由于回传的5G小区中存在其他现网用户,实测上下行速率未能达到峰值。

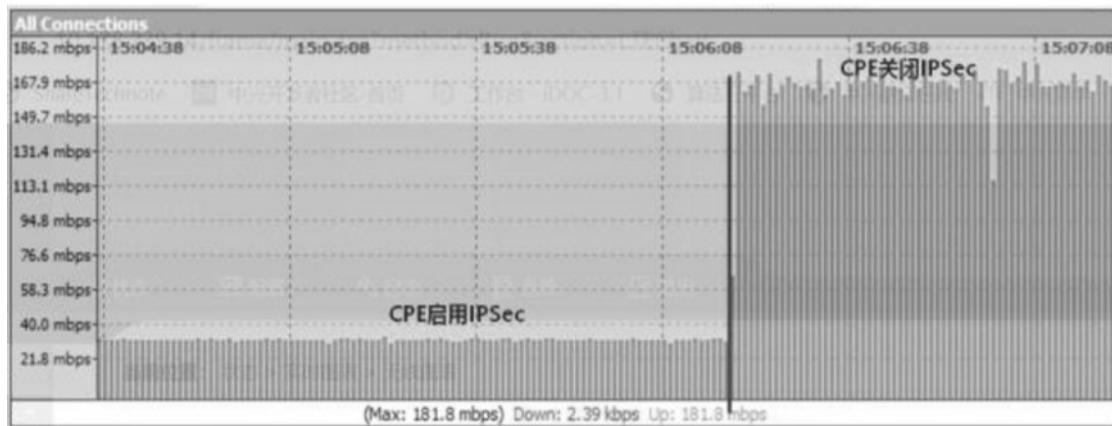


图4 CPE开启和关闭IPsec前后的性能对比

小数据包)时,可选择由CPE建立IPsec隧道;在基站不支持IPsec隧道时,且对回传速率要求较高时(大于30 Mbit/s),则需要在基站和CPE之间增加一个支持IPsec隧道的路由器,由路由器建立IPsec隧道。

在CPE回传方案中,由于游牧式基站的频段和CPE回传频段均为运营商授权频段,为了避免两者之间的干扰,需要保证CPE回传频段和游牧式基站频段为异频。

1.3.2 宽带回传方案

同样地,为满足部分业务场景中敏捷的5G网络部署需求,创新性地提出一种通过宽带网络回传的智简回传方案。游牧式基站通过网线连接宽带网口,将数据通过Internet路由至安全网关,安全网关通过识别IP五元组,将数据送至游牧式基站对应的核心网和Internet。通过宽带回传方案可以在任何有宽带网络的地方(如室内场景)实现5G基站的快速部署,无须受运营商传输资源的限制。宽带网络回传架构和数据路径如图5所示。

在宽带回传方案中,VPN隧道建立的终点为安全网关,VPN隧道的起点可以是基站,也可以是基站邻近的路由器。当起点为基站时,要求5G

基站额外支持VPN隧道功能;当起点为路由器时,对基站无额外要求。

两种不同的隧道起点对应两种隧道建立方案,不同隧道建立方案的实测结果见表3。

1.3.3 卫星回传

游牧式基站同样支持卫星的回传方式,游牧式基站连接卫星终端,卫星地面主站与蜂窝传输网相连,经路由数据配置打通游牧式基站所属的核心网数据通道,从而实现游牧式基站传输中继。

采用预先打通卫星主站和游牧式核心网链路的方式,可以在任何有卫星信号的地方实现5G游牧式基站的快速部署。此时,端到端速率取决于卫星系统性能,依托现有的高通量卫星,下行传输能力可达100 Mbit/s以上,上行速率可达10 Mbit/s以上。如5G基站利用某高通量卫星中继时,实测下行速率为90 Mbit/s,上行速率为7.5 Mbit/s。卫星网络回传架构和数据路径如图6所示。

4G/5G回传、卫星回传两种回传方式适用于室外场景,如有4G/5G网络覆盖时,建议优选4G/5G网络回传,否则,选择卫星回传。宽带回传、4G/5G网络回传适用于室内场景,如有宽带网络时,建议优选宽带网络回传,可保证回传性能更稳定、速率更高,否则,选择4G/5G网络回传。

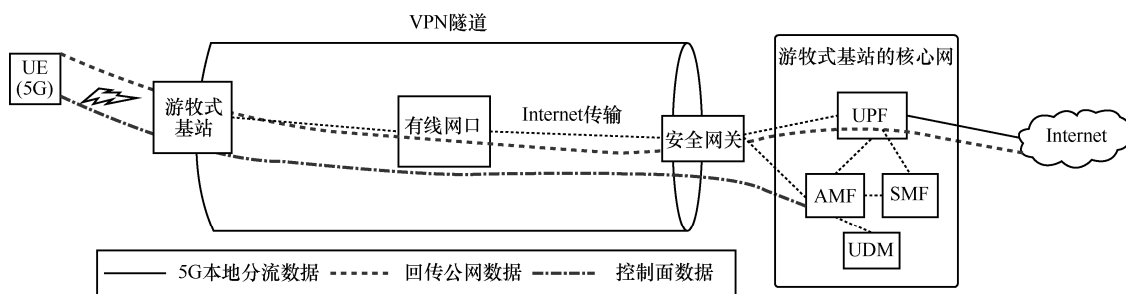


图5 宽带网络回传架构和数据路径

表3 不同隧道建立方案的实测结果

隧道起点	端到端平均时延/ms	上行速率/(Mbit·s ⁻¹)	下行速率/(Mbit·s ⁻¹)
基站	42	17.47	234.81
路由器	46	16.54	205.81

注:由于回传的5G小区中存在其他现网用户,实测上下行速率未能达到峰值。

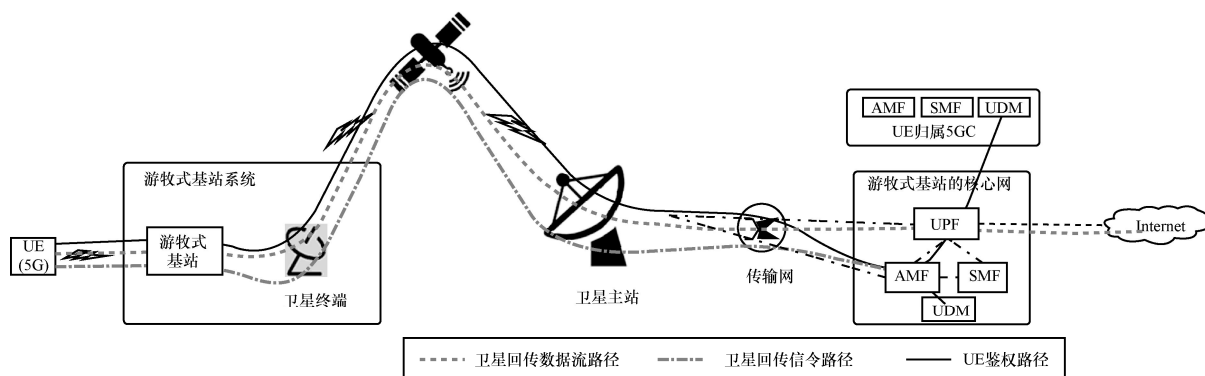


图6 卫星网络回传架构和数据路径

5G 游牧式基站将云、网、业一体化集成，提供 5G 网络覆盖和本地应用的快速部署；通过智简回传方案实现 5G 网络的敏捷部署和灵活移动，满足移动场景、室内场景等丰富场景的网络覆盖需求。

2 应用场景

5G 游牧式基站将云、网、业一体化集成，可实现灵活移动的 5G 网络和云，通过智简无线覆盖单元和智简回传单元打造一张无处不在的网，有需求就有 5G；通过智简计算单元打造一朵无处不在的云，有基站就有云；通过智简配套单元实现 5G 游牧式基站的灵活移动。

因此，5G 云、网、业一体游牧式基站的应用场景如图 7 所示，包括应急救援场景（如洪涝、火灾、地震等）、快速移动场景（如船舶、直播

等）、慢速移动场景（如露天矿、野外科考、智慧工地等）以及行业临时覆盖场景（如巡回比赛、展示演示等）等^[2]。

目前，笔者已在云南、北京现网开展试点验证，通过 CPE 回传、宽带回传、卫星回传等方式实现了 5G 网络的快速开通，通过本地云算力实现了行业应用的快速部署，试点结果符合预期。

3 结束语

5G 云、网、业一体游牧式基站将云、网、业融合，解决了目前应急通信车、无人机通信的回传不灵活、业务不满足、场景不全面三大痛点，最大化地满足业务需求。

面向未来，笔者会在覆盖更优、回传更灵活、使用更便捷的 3 个方面进一步提升云、网、业一



图7 5G 云、网、业一体游牧式基站的应用场景

体游牧式基站的性能, 扩展游牧式基站的应用场景。具体来说, 在覆盖更优方面, 将探索和研究无人机、飞艇与云、网、业一体游牧式的融合部署方案, CPE 回传级联方案, 以及 CPE 外接定向天线方案等; 在回传更灵活方面, 将探索和研究多种回传链路自适应选择和切换方案、自动选择最优小区方案等; 在使用更便捷方面, 将探索一体化设备方案、自动选择游牧式基站频率以避免干扰方案等。期望通过 5G 游牧式基站的规模应用, 让行业客户更敏捷、更直观地体验 5G 速度, 助力 5G+行业的深度融合。

参考文献:

- [1] 倪蔚辰, 于天意, 孙奇, 等. 5G 数字智慧工厂无线接入网专网方案[C]//移动通信 5G 网络创新研讨会, 2021.
NI W C, YU T Y, SUN Q, et al. Private network scheme for 5G digital smart factory wireless access network[C]//Proceedings of Mobile Communication 5G Network Innovation Workshop. 2021.
- [2] 丁海煜, 崔航, 程锦霞, 等. “空天地”融合技术为应急通信提供有力保障[J]. 通信世界, 2021(16): 12-14.
DING H Y, CUI H, CHENG J X, et al. The "space-air-ground" integrated technology provides a strong guarantee for emergency communication [J]. Communications World, 2021(16): 12-14.

[作者简介]



徐芙蓉(1991-), 女, 中国移动通信有限公司研究院无线与终端技术研究所项目经理, 主要研究方向为移动物联网、5G 无线技术及垂直行业解决方案。

崔航(1979-), 男, 现就职于中国移动通信有限公司研究院无线与终端技术研究所, 主要研究方向为空地一体化网络融合技术及解决方案。

于天意(1993-), 女, 中国移动通信有限公司研究院无线与终端技术研究所技术方案研究员, 主要研究方向为云网业融合、5G 行业专网等。

张龙(1985-), 男, 中国移动研究院无线与终端技术研究所高级工程师、技术经理, 主要研究方向为 LTE、5G 无线技术和垂直行业拓展。

程锦霞(1981-), 女, 博士, 中国移动研究院无线与终端技术研究所高级工程师、技术经理, 主要从事 5G 行业典型场景及基于 4G/5G 的垂直行业解决方案研究工作。

幸锋(1985-), 男, 中国移动通信集团云南有限公司项目经理, 主要从事 4G/5G/NB-IoT 无线网规划、优化、运维, 以及 5G 垂直行业应用解决方案研究工作。

关武能(1987-), 男, 中移物联网有限公司产品经理, 主要从事边缘计算及 5G 专网研究工作。

刘京(1995-), 女, 中国移动研究院无线与终端技术研究所技术方案研究员, 主要从事空地一体化网络融合技术及解决方案研究、5G 专网技术及方案研究工作。

邓伟(1978-), 男, 中国移动研究院无线与终端技术研究所副所长、高级工程师, 主要研究方向为 5G 网络及行业融合技术, 组织开展中国移动 5G 策略研究、行业融合技术攻关等工作, 促进中国移动 5G 在工业、能源、港口等垂直行业领域的融合应用和商用落地。

丁海煜(1976-), 男, 中国移动研究院副院长, 教授级高级工程师, 主要从事移动通信新技术创新和试验工作, 在 TD-SCDMA (3G)、TD-LTE (4G)、NB-IOT、5G 等相关技术创新、产业推进、试验应用和相应的产品开发中贡献突出, 是国家宽带无线移动通信科技重大专项“基于用户体验的端到端 3G/LTE 业务质量评测与分析系统研发”课题负责人, 国家宽带无线移动通信科技重大专项“TD-SCDMA 增强型无线及网络关键技术研究与应用”、“TD-LTE 规模试验”等重大项目的完成人, 5G 产品研发规模试验国家重大专项主要项目成员, 中国通信学会天线与射频专业委员会委员, 北京通信学会常务理事。