



专栏：5G 技术与组网应用

基于现网挖潜的 4G/5G 低成本无线覆盖方案

杨丹¹, 张婧¹, 吕沛锦¹, 陆赞¹, 杨占春²

(1. 中国移动通信集团云南有限公司, 云南 昆明 650228;

2. 中国移动通信集团设计院有限公司重庆分公司, 重庆 401121)

摘要: 相关研究数据表明, 中国 5G 网络部署的成本预计大约是 4G 的 3 倍。通过分析研究现网 4G、5G 网络的组网架构、关键技术原理、信源硬件特性, 提出了在 5G 网络建设中利旧 4G 资源、通过 5G 反开腾挪 4G 资源以及发挥 4G/5G 信源最大潜力的 3 种挖潜思路, 从而降低网络的投资成本和升级难度。

关键词: 5G; 4G; 利旧; 低成本覆盖; 挖潜

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2021211

4G/5G low-cost wireless coverage scheme based on tapping the potential of existing networks

YANG Dan¹, ZHANG Jing¹, LV Peijin¹, LU Yun¹, YANG Zhanchun²

1. Yunnan Branch of China Mobile Communications Group Co., Ltd., Kunming 650228, China

2. Chongqing Branch of China Mobile Communications Group Design Institute Co., Ltd., Chongqing 401121, China

Abstract: Relevant research data shows that, the cost of China's 5G network deployment is expected to be about three times that of 4G. The network architecture, key technical principles and source hardware characteristics of the existing 4G and 5G networks were analyzed and studied. Three ideas for tapping the potential were proposed, which are using that how to use the old 4G resources in the construction of 5G networks, releasing 4G resources through 5G network deployment and maximizing use of 4G/5G sources, thereby reducing the investment cost and upgrade difficulty of the network.

Key words: 5G, 4G, making good use of the old, low cost coverage, tap the potential

1 引言

1.1 4G 和 5G 网络长期共存, 但 4G 无线投资全面缩减

虽然运营商 4G 网络建设投资锁死, 但数据流量业务仍保持增势, 局部热点区域高负荷问题长

期得不到解决, 网络覆盖和容量需求仍十分旺盛。早在 2019 年中国移动通信集团业绩发布会上, 董事长杨杰透露了许多新消息: “目前正在使用的 4G 不会快速被淘汰, 将和 5G 网络长期共存。”他表示, “中国移动将推动 5G 和 4G 协同, 满足用户数据业务和话音业务需求”。5G NR 网络目

前只实现了数据通信,能够承载语音通信的 VoNR 还在规划中,离实际使用还有距离。当前 5G 网络中通话时的手机都会掉落至 4G 网络由 VoLTE 进行语音传输工作。

1.2 4G 和 5G 携手共进的可行性

从网络组网架构、关键技术原理、信源硬件来看,4G 网络架构面向 5G 改造建设准备、5G 技术先行用于 4G 网络提升性能及 4G 硬件就绪支持 5G 平滑演进 3 方面的特征,使得“4G 网络 5G 化,5G 网络 4G 化”已成为 4G 网络面向 5G 演进的最优低成本的方式,助力实现 4G 和 5G 携手共进。

1.2.1 组网网络架构方面

4G 网络采用了扁平化的 2 级网络架构,即 eNB-核心网(EPC)。5G 虽然采用 3 级网络架构,即 DU-CU-核心网(5GC),其中 DU 和 CU 共同组成 gNB,但整体硬件结构仍然是 BBU+RRU/AAU 拉远覆盖组网方式。

1.2.2 5G 技术先行用于 4G 网络提升性能方面

(1) MIMO 技术: MIMO 应用在 LTE 时代就已经有,5G 时代继续发扬光大,变成了加强版的大规模 MIMO。如 5G 网络的先行军 3D-MIMO,通过更为精准的波束成形能力与多用户复用系统多流能力,实现了频谱效率的大幅提升,这正是 5G MIMO 技术 4G 化的有效利用。

(2) 调制解调技术:早在 LTE 时代广泛使用的 QPSK、16QAM、64QAM、256QAM 调制技术,同样使用于 5G NR 网络中。

1.2.3 4G 硬件就绪支持 5G 平滑演进方面

4G 时代,1.8 GHz、2.1 GHz 和 2.6 GHz 是运营商的主力频段。其中,2.1 GHz 和 2.6 GHz 将通过频率重耕应用于 5G 覆盖。据不完全统计,某省 4G 网络中支持 2.1 GHz、2.6 GHz 频段的 RRU 在全网占比分别高达 45%、52%,该存量 RRU 超 90% 支持通过 4G 站点更换不支持 5G 的 BBU、增加 5G 单板后实现 5G 的平滑演进。

1.3 多频段多制式融合组网,多频谱协同演进挖潜冗余资源

在当前 5G 网络如火如荼建设的背景下,运营商应以此为契机,做好 4G/5G 网络协同建设和优化。在此过程中,通过多频段共基带板、多制式共基带板、多制式共 RRU 等多种网络融合组网方案,全局化思考 4G/5G 协同,多频谱协同挖潜冗余资源,解决历史入网次序导致的高低容量型号搭配不精细问题。

2 5G 网络建设利旧 4G 资源

2.1 挖潜存量传统室分分布系统资源演进到 5G

2G 时代开始,室内部署了数以万计的传统室内分布式天线系统(distribute antenna system, DAS),可充分利旧传统 DAS 和配套设施进行 5G 部署,在 2G/4G 信源侧简单馈入 5G 信源,利旧传统 DAS,即可完成区域内的 5G 简单覆盖,该方式可加快 5G 室分部署,节省部署成本。针对现网少量 DAS 不支持 5G 频段问题,可通过驻波比和相对衰减的信号强度两个指标值进行确认,如针对 E 频段(2 320~2 370 MHz)覆盖的原 DAS,进行 2.6 GHz 频段驻波测试,若驻波 ≤ 1.5 GHz,且相对 E 频段衰减的信号强度 ≤ 3 dB,则可认为此 DAS 支持 2.6 GHz。

利旧传统 DAS 演进策略,如对无源器件、天线支持 2.6 GHz 的传统室分站点,支持开 NR 的现网 4G 基站直接升级开通,且无须合路改造;单路室外对打改造为双路对打后再合路;老旧传统室分(无源器件、天线支持频段只到 2.5 GHz)替换无源器件天线后再合路;存在质差区域的室分先整改再合路,关于质差区域,4G MR 弱覆盖 RRU 占比较高站点,整改代价太高,建议直接叠加数字化室分,具体说明见表 1。

场景选择建议:基于原 DAS 直接或改造后升级的 5G 演进策略,选择 2.6 GHz 频段的 100 MHz 带宽的 5G 小区实际组网测试分析,单路 DAS 直



表 1 传统室分利旧 DAS 演进策略

5G 演进策略	无源器件是否支持 5G	单路 DAS 站点	双路 DAS 站点	综合造价/(元·m ²)
直接升级	是	MR 弱覆盖 RRU 占比=0	MR 弱覆盖 RRU 占比=0	1.37
合路后升级	是	MR 弱覆盖 RRU 占比=0	MR 弱覆盖 RRU 占比=0	5.77
替换老旧无源器件后合路升级	否	MR 弱覆盖 RRU 占比=0	MR 弱覆盖 RRU 占比=0	6.26
先整改再合路升级	是	0<MR 弱覆盖 RRU 占比≤20.34%	0<MR 弱覆盖 RRU 占比≤44.77%	5.77~8.38 (单路) 5.77~16.11 (双路)
叠加数字化室分	不涉及	MR 弱覆盖 RRU 占比>20.34%	MR 弱覆盖 RRU 占比>44.77%	31.51

接合路站点，平均下载速率可达 418 Mbit/s，上传速率可达到 50 Mbit/s；双路 DAS 直接合路站点，平均下载速率可达 830 Mbit/s，上传速率可达 100 Mbit/s 水平；针对该覆盖效果无法达到要求的场景，建议使用叠加数字化室分策略进行 5G 演进，如高价值、高业务、大容量、重点垂直行业的现网传统室分站点等。

2.2 挖潜存量的 4G RRU 升级 5G

存量 RRU 升级 NR 将成为重要的补充建设手段，通过升级改造现网支持 5G 升级的 4G RRU 形成 NR 低成本覆盖，即在 5G 网络建设的盲点、弱点区域利旧直接升级开通补充覆盖或腾挪搬迁后再开通，形成 5G 能力。一方面，存量升级可充分发挥现有站址优势，快速进行 5G 站点开通部署，提升 5G 网络整体建设效率。另一方面，通过充分利用现网 4G 设备资源，在 5G 网络建设的农郊等区域进行 8T8R 站的升级开通补充，低成本建网的同时快速提升整体网络质量。经试点测试验证，开通 60 MHz 带宽条件下，5G 最高下载速率为 672 Mbit/s，平均下行速率为 550 Mbit/s；最高上传速率为 55 Mbit/s，平均上行速率为 38 Mbit/s，可有效补充 5G 宏网在偏远农郊地区的覆盖。

场景选择建议：以 2.6 GHz 频段为例，因存量老旧 RRU 绝大多数仅支持 40~60 MHz 带宽，所以该方案仅推荐用于部分居民区、小型商超、地下室、农郊等以覆盖需求为主的区域。针对高

价值场景，后续若考虑叠加 100 MHz 的 3.5 GHz 或 4.9 GHz 频段，亦可考虑使用载波聚合方案（如 2.6 GHz+4.9 GHz）形成大容量、高速率场景。针对 4G 还有覆盖或容量需求场景，建议利旧升级 5G 的配置为 NR+LTE 共同组网；针对 4G 没有覆盖和容量需求且 5G 干扰可控场景，通过 4G 完全退网后实现 5G 升级；针对热点地区，可叠加 100 MHz 的 3.5 GHz 或 4.9 GHz 频段小区，老旧 RRU 升级为低频 5G 小区，扩大 3.5 GHz/4.9 GHz 基站的覆盖半径，再通过载波聚合提升网速、降低时延。

3 5G 反开挖潜原 4G 资源

在投资受限的情况下，聚焦“降本增效”，基于面向 5G 演进制定容量保障方案，5G 设备 4G 化，5G 设备反开后，若能满足容量和覆盖双需求则可拆除对应 4G 利旧设备，“双网并重”，在快速建设 5G 网络的同时，确保 4G 网络质量不下降。拆除的 4G 利旧设备可用于 4G 容量保障场景、4G 覆盖提升场景，或参照上述的“挖潜存量的 4G RRU 升级 5G”方案进行 5G 升级。5G 反开挖潜原 4G 资源通过以下 3 个方案进行挖潜。

方案 1：新型 4G/5G 共模分布式皮基站反开，如支持 1.8 GHz+2.3 GHz+2.6 GHz 三频段设备 A、支持 1.8 GHz+2.1 GHz+3.5 GHz 三频段的设备 B；

通过反开设备支持的 4G 频段，如反开 FDD1800 不仅可作为 NSA 网络锚点，同时还能补充 4G 网络容量；剩余频段资源按需开启，满足需求后可腾挪对应 4G 原有的分布式皮基站或传统室分的 RRU 设备。

方案 2：传统 4G/5G 共模宏基站反开，如支持 160 MHz D+20 MHz FA 频带宽的 4G/5G 多通道宏 RRU，可并发 100 MHz NR +D3/D7/D8 4G，另外 TDD 频段还支持 FA 4G，5G 开启后，可反开 D3+D7+D8+F+A 等充裕的 4G 频段资源，支持高密场景小区扩容，满足需求后可腾挪对应 4G 原有 RRU 设备。

方案 3：AAU 反开 4G 3D-MIMO 小区，也是现网最常见的反开方案，通过 5G AAU 反开 1~3 个 4G 3D-MIMO 频段小区，利用 3D-MIMO 的多天线矩阵，通过波束成形及更多的天线振子技术，可以容纳更多的用户，提升系统容量，满足需求后可腾挪对应 4G 原有的宏 RRU。

场景选择建议：目前，基带板支持 4G/5G 通用，但受处理能力限制，同一基带板无法同时开启 4G/5G，反向开通 4G 需增配基带板、带来额外投资，开通比例过高或致未来闲置风险，严格管控 5G 反向开通 4G 规模，反开原则可参考表 2 所示的 3D MIMO 反向开通模型表，并建议将反向开通比例控制在 40% 以下。

4 发挥 4G/5G 信源最大潜力

4.1 基带融合共板

在 5G 网络不断演进、4G 多频组网结构更优分层调整的同时，BBU 基带板的能力也在不断提升，通过多频段基带板融合、多制式网络基带板融合两种方案，可以挖潜 4G 现网存量的基带板资源。

基站存在特定型号基带板，且有 F、D、FDD 等频段小区分别下挂在多块基带板上，或是不同制式网络下挂多块基带板，若这些基带板冗余资源和大于或等于板件规格，先将小区帧偏置（包括异运营商）调整一致避免干扰，再整合至特定型号基带板上，然后拆除剩余的闲置基带板。对于共机房不共 BBU 基带板的情况，若满足条件，同理可实现融合，还可腾挪 BBU 资源。

场景选择建议：基带板挖潜过程中存在一定的风险，可能导致一些负荷情况存在潮汐效应的小区 and 后续网络负荷增长需要扩容的小区无法软扩，为降低该类风险，建议在基带板挖潜过程中可对预估的高负荷小区、最近半年历史高负荷小区、周期性保障需求的载波自调度小区（包括可能已暂时退网小区）所在基站保留其扩容所需的基带板容量。

表 2 3D MIMO 反向开通模型

反开场景	反开需同时满足条件	反开载波数
反开小区频段等于原覆盖	①载波配置 ≥ 5 ；②高负荷小区数 ≥ 4 或平均利用率 $\geq 50\%$	2~3
小区频段	① 载波配置 ≥ 3 ；②高负荷小区数 ≥ 2 或平均利用率 $\geq 50\%$	1~2
	①载波配置 ≥ 1 ；②高负荷小区数 ≥ 1 或平均利用率 $\geq 50\%$	1
反开小区频段不等于原覆盖小区频段	①TDD 载波配置 ≥ 2 ；②FDD 载波配置 ≥ 1 ；③高负荷小区数 ≥ 2 或平均利用率 $\geq 50\%$	1
频率重耕场景	配置 2 个频点且平均利用率 $\geq 25\%$	1
	配置 3 个频点且平均利用率 $\geq 16\%$	1
	配置 3 个频点且平均利用率 $\geq 40\%$	1~2



4.2 8T8R 通道重组技术

通道重组技术将一个 8T8R 的 RRU 重组为 1~4 个虚拟双通道 RRU，重组后虚拟的 RRU 在功能上具备双通道 RRU 的能力，即该虚拟 RRU 同样支持开启多个逻辑小区的能力。通道重组技术既保证 20 MHz 带宽的优势，又保证双流高速下载特性，同时增加了可吸纳流量的小区数，实现容量翻倍，有效节省了 RRU 资源。目前，通过通道重组，1 台物理的 8T8R 的 RRU 最大支持同时开启 12 个逻辑小区，如 A 厂商 R8979SxxxxW 型号的 RRU，但仅能应用 4G 网络。

选取某高容量的某高校学生宿舍试点，通道重组技术方案如图 1 所示。1 台 8T8R 的 RRU 实现了 3 栋宿舍楼的 9 个逻辑小区覆盖，平均 RSRP 为-65.67 dBm，平均下载速率为 61.29 Mbit/s，平

均上传速率为 8.82 Mbit/s，开通后网络覆盖质量良好，试点测试结果见表 3。

场景选择建议：可使用于单 RRU 多小区的 4G 超高负荷医院、高校等场景，或地下室、电梯封闭空间 4G 等网络场景。

4.3 室分软劈裂

目前，新型分布式皮基站 pRRU 最大带宽能力一般为 160 MHz，常规组网即多 pRRU 小区合并，但针对某些场景，如地铁站台、大型体育场馆文艺演出等超高容量场景，单 pRRU 开启多小区的扩容方案仍然无法满足容量需求。针对上述情况，本文提出如图 2 所示的室分软劈裂扩容方案，通过软劈裂，基于 4T4R 的外接型 pRRU 每两通道开启 1 个 60 MHz 和 1 个 100 MHz 小区，在 pRRU 每两通道上共接一副双极化天线，增加

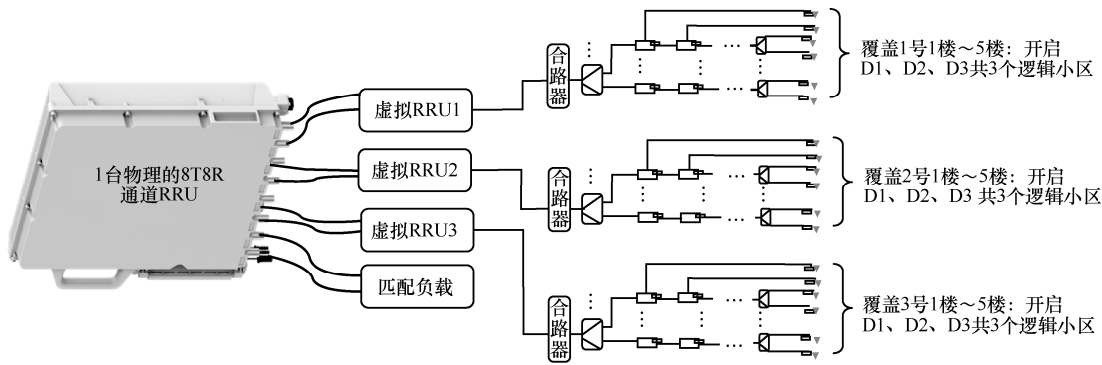


图 1 试点通道重组技术设计方案

表 3 试点测试结果

测试区域	平均 RSRP/dBm	平均 SINR/dB	下载速率/ (Mbit·s ⁻¹)	上传速率/ (Mbit·s ⁻¹)
1 号新宿舍楼 1~2 楼	-64	28	47.57	8.7
1 号新宿舍楼 3~4 楼	-69	27	63	9.3
1 号新宿舍楼 4~5 楼	-64	29	55.58	8.92
2 号新宿舍楼 1~2 楼	-65	26	47.19	9.02
2 号新宿舍楼 3~4 楼	-68	25	74.09	8.8
2 号新宿舍楼 4~5 楼	-66	27	79.46	9.41
3 号新宿舍楼 1~2 楼	-67	28	34.72	8.1
3 号新宿舍楼 3~4 楼	-63	25	53.41	8.44
3 号新宿舍楼 4~5 楼	-65	24	46.62	8.66

隔离度而降低同频干扰,达到同时开启干扰可控4个2T2R小区,即将160 MHz带宽翻倍到320 MHz,这是一种创新型扩容兼覆盖延伸的覆盖方案。

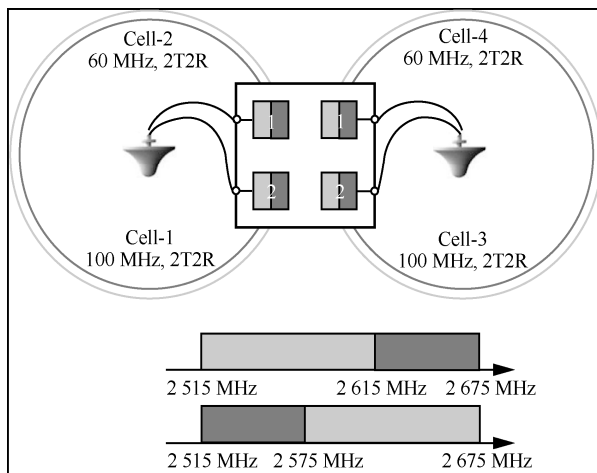


图2 室分软劈裂扩容方案

选取某广场进行验证,进行传统扩容方案和软劈裂扩容创新方案的容量能力测试验证。上行吞吐率方面,传统扩容方案终端共享251.4 Mbit/s速率,软劈裂方案终端共享492.4 Mbit/s速率,软劈裂提升241 Mbit/s,相对提升96%;下行吞吐率方面:传统扩容方案终端共享1141.8 Mbit/s速率,软劈裂方案终端共享2011.1 Mbit/s速率,软劈裂提升869 Mbit/s,相对提升177%。

场景选择建议:软劈裂方案适用于地铁、高校、酒店、会议保障等高容量保障场景。为保障劈裂效果,需保证同一个pRRU外接天线的良好隔离度,同时,如果存在小区合并场景,则需要精细了解现场覆盖场景及外接天线分布,以便数据规划,关于小区规划,可参考如图3所示的规划方案。

(1)小容量需求,房间1~6可合并为1个4T4R小区;(2)高容量需求,房间1、3、5劈裂后合并为2个2T2R小区,房间2、4、6劈裂后合并为2个2T2R小区;(3)超高容量需求,每个房间劈裂为2个2T2R小区。

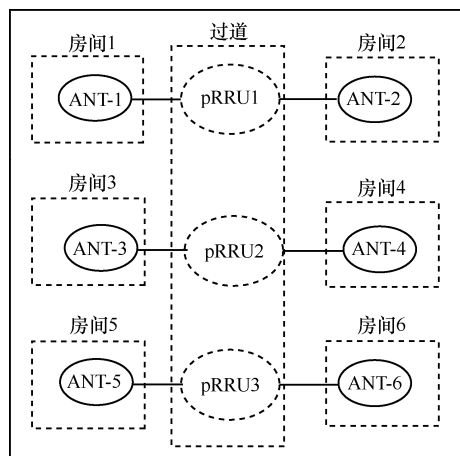


图4 室分软劈裂组网规划方案

5 结束语

本文通过以下3个方向的研究,提出了8种低成本的无线覆盖方案,可有效降低网络的投资成本和升级难度。

- 5G网络建设中利旧4G资源2种方案:存量的DAS系统资源演进到5G、存量的4G RRU升级5G。
- 通过5G反开腾挪4G资源3种方案:新型4G/5G共模分布式皮基站反开、传统4G/5G共模宏基站反开、AAU反开4G 3D-MIMO小区。
- 发挥4G/5G信源最大潜力3种方案:基带融合共板、8T8R通道重组、室分软劈裂。

参考文献:

- [1] 刘毅,郭宝,张阳.4G网络向5G演进方案探讨[J].移动通信,2017,41(17):16-22.
LIU Y, GUO B, ZHANG Y. Discussion on evolution from 4G to 5G[J]. Mobile Communications, 2017, 41(17): 16-22.
- [2] 张欣旺,周娇,王大鹏,等.5G室内多场景目标网覆盖方案[J].移动通信,2019,43(8):62-67.
ZHANG X W, ZHOU J, WANG D P, et al. 5G indoor multi-scene target network coverage[J]. Mobile Communications, 2019, 43(8): 62-67.
- [3] 杨旭,张书铭,高博,等.基于5G 2.6 GHz频段的室分系统演进策略研究[J].电信工程技术与标准化,2019,32(10):1-4,9.
YANG X, ZHANG S M, GAO B, et al. Research on evolution



strategy of room division system based on 5G 2.6 GHz band[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2019, 32(10): 1-4, 9.

- [4] 通信世界全媒体. 4G 还能用多久? 中国移动官方: 将与 5G 长期共存[EB]. 2019.

Communication World Omnimedia. How long can 4G be used? China Mobile official: will co-exist with 5G for a long time[EB]. 2019.

- [5] C114 通信网. 降成本, 增效能, 充分发挥 4G 宏网升级潜能[EB]. 2020.

C114 Communication Network. Reduce costs, increase efficiency, give full play to 4G macro network upgrade potential[EB]. 2020.

[作者简介]



杨丹 (1986-), 男, 中国移动通信集团云南有限公司工程师, 主要研究方向为无线网络优化、网络规划管理。



张婧 (1990-), 女, 中国移动通信集团云南有限公司工程师, 主要研究方向为无线网络优化、5G 智慧室分研究与应用、5G 垂直行业应用等。



吕沛锦 (1991-) 女, 中国移动通信集团云南有限公司工程师, 主要研究方向为无线网络优化。

陆赞 (1988-), 男, 中国移动通信集团云南有限公司工程师, 主要研究方向为无线网络优化。

杨占春 (1991-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司重庆分公司工程师, 主要研究方向为无线网络优化。

收录声明

本刊已被中国核心期刊遴选数据库(万方)、中国学术期刊数据库(知网)全文收录,被本刊录用的文稿,将一律由编辑部统一纳入中国核心期刊遴选数据库(万方)、中国学术期刊数据库(知网)。若作者不同意被收录,将在来稿时向本刊说明,本刊将做适当处理。若无特别声明,视同将录用文稿的电子网络版、汇编或合订本的使用权授予本期刊社,本刊支付的稿费中已包含上述费用。

The articles of *Telecommunications Science* have been embodied by WANFANG DATA and CNKI. The accepted articles will be unified into WANFANG DATA and CNKI. If the author does not agree to his or her article to be included, the author must illustrate when the article is submitted. The editorial department will properly handle. If the authors do not give a special announcement, the editorial department believes that the authors have granted the right of their articles to *Telecommunications Science*. The expenses have been included in the fee paid by editorial department.

道德声明

本刊发表的文稿是作者独立取得的原创性研究成果,无一稿多投;文稿内容不涉及国家机密;未曾以任何形式用任何文种在国内外公开发表过;文稿内容不侵犯他人著作权和其他权利。若发生一稿多投、侵权、泄密等问题,文稿作者将承担全部责任。

The authors of *Telecommunications Science* guarantee that their submitted articles are original and contain nothing confidential. The said article is only submitted to *Telecommunications Science*. The said article has not been published before and has not been submitted elsewhere for print or electronic publication consideration. The said article is in no way whatever a violation or an infringement of any existing copyright or license from the third party. Otherwise, the authors of the said article shall take the blame for the violation or infringement of the related copyright and the leakage of secrets.

电信科学

Telecommunications Science



邮发代号: 2-397 国外代号: M841 定价: 68.00元

ISSN 1000-0801

