

导读:5G网络在技术和产业成熟方面尚需一个逐步发展的长期过程,5G网络建设和优化是当前5G发展中的重点工作,打造优质的5G网络对于满足业务发展需求和提升用户体验至关重要,但同时也存在着更高的要求 and 更大的挑战。为了促进5G通信技术交流,推动我国5G通信技术发展,《电子技术应用》杂志2021年第10期推出“5G网络建设与优化”主题专栏,论文内容涵盖5G网络建设和优化中亟待解决的方法论和关键技术,涉及5G多频段组网和优化策略研究、不同场景和频段的5G组网策略以及5G移动性优化等诸多内容,期待为5G时代的网络建设与发展提供有益的借鉴。



特约主编:朱雪田,北京邮电大学工学博士,教授级高级工程师,中关村国家自主创新示范区高端领军人才,现就职于中国联通研究院。长期从事4G/5G移动通信技术与业务创新研发工作,作为项目组长先后负责多个4G/5G领域的移动通信国家重大项目,发表学术论文超过100篇,发明专利100余篇,个人专著4本。

5G 网络移动性能优化研究

刘光海,李一,肖天,朱小萌,郑雨婷

(中国联通研究院,北京100048)

摘要:随着5G商用部署和技术演进,移动通信网络面临2G/3G/4G/5G多制式并存,网络结构日益复杂。而5G网络多组网方式、多终端类别的显著特征又进一步加剧了网络拓扑和边界场景的复杂度。如何保障用户的移动性感知成为影响网络口碑的关键一环。基于5G网络移动性能优化方案开展深入研究,详细介绍了不同组网方式下不同终端的互操作策略,从而为5G网络移动性优化、多网协同优化提供理论依据,有效牵引5G用户感知提升。

关键词:5G网络;移动性;互操作;优化

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

DOI:10.16157/j.issn.0258-7998.211722

中文引用格式:刘光海,李一,肖天,等.5G网络移动性能优化研究[J].电子技术应用,2021,47(10):1-5.

英文引用格式:Liu Guanghai, Li Yi, Xiao Tian, et al. Research on optimization scheme of mobility in 5G network[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(10): 1-5.

Research on optimization scheme of mobility in 5G network

Liu Guanghai, Li Yi, Xiao Tian, Zhu Xiaomeng, Zheng Yuting

(China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China)

Abstract: With the commercial deployment and technological evolution of 5G networks, mobile communication networks are facing the coexistence of 2G/3G/4G/5G multi-mode networks, and the network structure is becoming increasingly complex. The distinctive features of 5G networks with multiple networking modes and multiple terminal categories further aggravate the complexity of network topology and boundary scenarios. How to ensure user's mobility perception has become a crucial part that affects the reputation of the networks. This paper conducts in-depth research based on the solutions of 5G network mobile performance optimization, and introduces in detail the interoperability strategies of different terminals in different networking modes, so as to provide a theoretical basis for optimization of 5G network mobility and cooperative networking, and effectively promote 5G user's perception improvement.

Key words: 5G networks; mobility; interoperability strategies; optimization

0 引言

随着 5G 的商用部署和技术演进,移动通信网络面临 2G/3G/4G/5G 多制式并存,网络结构日益复杂。而 5G 网络制式和终端的多样性又进一步加剧了网络拓扑和边界场景的复杂度。如何保障用户的移动性感知成为影响网络口碑的关键一环。

本文聚焦 4G/5G 网络互操作策略及配置方案,针对 5G 网络移动性能保障方案进行深入细致的研究,创新设计网间移动性策略,真正实现端网协同、多网协同,提升 5G 网络的用户感知及口碑。

1 概述

1.1 5G 组网

5G 网络包含 NSA(Non-Standalone)单栈、SA(Standalone)单栈和 NSA&SA 双栈 3 种组网方式,如图 1 所示^[1]。

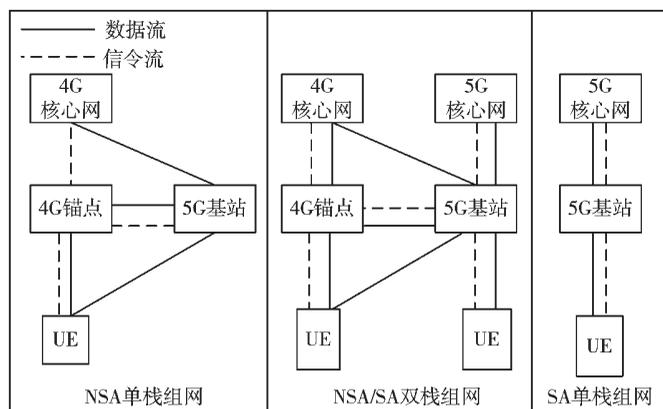


图 1 5G 3 种组网方式对比

NSA 单栈组网下,5G 用户只能采用以 4G 网络作为移动性管理和覆盖的锚点,在连接态时通过双连接的方式新增 5G 用户面接入^[2-3]。

SA 单栈组网下,NR(New Radio)独立组网,5G 用户只能直接与 NR 连接之后接入 5G 核心网^[4]。

NSA&SA 双栈组网下,5G 用户既可以通过 NSA 方式接入 5G 网络,又可以通过 SA 方式接入 5G 网络。通过差异化 5G 网络移动性方案设计,可以实现终端使用各种场景下可能的最高能力网络,保障用户感知最优。

1.2 5G 终端

5G 终端包含 NSA 单模、SA 单模和 NSA&SA 双模 3 种终端^[5]。

NSA 单模终端为只支持 NSA 模式的终端,用户在空口进行能力上报时会携带 EN-DC-R15-Supported 字段。

SA 单模终端为只支持 SA 模式的终端,用户在空口进行能力上报时会携带 SA-NR-R15 字段。

NSA&SA 双模终端为既支持 NSA 模式又支持 SA 模式的终端,用户在空口进行能力上报时会同时携带 EN-DC-R15-Supported 字段和 SA-NR-R15 字段。

不同种类终端能力不同,其在空闲态和连接态下的

移动性策略也应差异化配置。网络侧需基于不同的终端能力配置不同的互操作策略及参数,保证各类终端根据网络实际情况及时、合理在网络间驻留、移动。

1.3 RRC(Radio Resource Control)状态

NSA 网络以 4G 网络为信令锚点,只有进入连接态才会触发与 NR 网络的双连接。因此,NSA 网络下用户的 RRC 状态完全遵从 4G 网络,当前 4G 现网只包含 RRC Idle 和 RRC Connected^[6-7]。

而对于 SA 网络,3GPP 协议定义了 3 种 RRC 状态: RRC Idle、RRC Inactive 和 RRC Connected,如图 2 所示^[8-10]。考虑 RRC Inactive 主要应用于 mMTC 业务场景,本文主要基于空闲态和连接态开展 5G 网络移动性能优化方案研究。

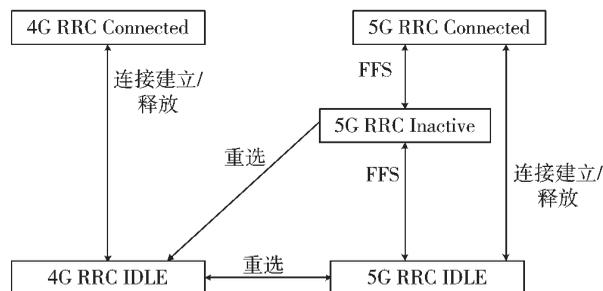


图 2 4G/5G 网络间 RRC 状态迁移示意图

2 空闲态 5G 网络移动性

空闲态 5G 网络移动性主要指 5G 网络系统内空闲态重选和 4G/5G 网络系统间空闲态重选。空闲态重选主要通过公共频率优先级和专用频率优先级实现。公共频率优先级通过广播消息下发,专用频点优先级会在用户从连接态进入空闲态的时候下发。具体表现是通过 RRC 连接释放消息中携带信元 IdleModeMobilityControlInfo(IMMCI)。IMMCI 中包含网络给用户下发的专用频点及频点优先级信息。用户收到 IMMCI 中携带的频点和频率优先级消息后,即忽略广播消息中的频点和频率优先级,而是按照 IMMCI 中携带的频点和频率优先级进行后续网络行为^[11]。

为保障不同终端优先驻留在各自能够匹配的能力最高或性能最优的网络上,空闲态小区重选总体遵循以下原则:

(1)不同制式间,通过频率重选优先级控制 UE 优先驻留 5G:驻留优先级为 5G>4G>3G。

(2)相同制式内,针对不同覆盖场景,可以通过频率重选优先级控制用户驻留特定载波,也可以通过小区偏置控制用户优先驻留在特定小区上;原则上容量层 \geq 覆盖层,室内微站 \geq 室外宏站。

(3)不同优先级之间,基于高优先级到低优先级或低优先级到高优先级准则进行空闲态重选。

(4)同优先级之间,基于信号强度遵循 R 准则进行重选。R 准则是指服务小区的 R_s 和目标小区的 R_t 分别

满足 $R_s = Q_{meas, s} + Q_{hyst}$, $R_t = Q_{meas, t} - Q_{offset}$, 其中 Q_{meas} 是测量小区的 RSRP(Reference Signal Receiving Power)值, Q_{hyst} 定义了小区重选迟滞, Q_{offset} 定义了目标小区的偏移值。如果目标小区在 $T_{reselection}$ 时间内, R_t 持续超过 R_s , 那么终端就会重选到目标小区。

在满足总体小区重选原则的基础上, 不同区域还应差异化配置频率重选优先级。

2.1 NSA&SA 双栈组网区域

NSA&SA 双栈组网区域内的空闲态策略需满足如图3所示原则:

(1)对于 NSA&SA 双模终端及 NSA 单模终端, 在向 5G 覆盖边缘移动时, 优先驻留锚点 4G 载波。

(2)对于 SA 单模终端, 在向 5G 覆盖边缘移动时, 优先驻留在 4G 载波(不区分锚点 4G 载波与非锚点载波)。

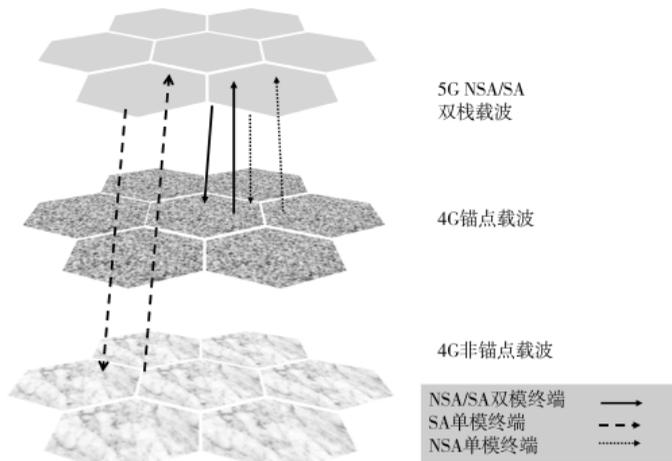


图3 NSA/SA 双栈区域空闲态互操作示意图

基于上述原则, 本文分别给出 NSA&SA 双栈组网区域的 5G→4G 和 4G→5G 空闲态重选策略。

2.1.1 5G→4G 空闲态重选

5G 到 4G 的空闲态重选策略主要通过 5G 侧公共频率优先级和 5G 侧专用频率优先级实现。

(1)5G 侧公共频率优先级配置

系统间公共频点优先级配置应满足 $5G > 4G$, 系统内公共频点优先级配置应满足容量层 \geq 覆盖层, 室内微站 \geq 室外宏站。因此, 5G 侧公共频率优先级配置策略为: 3.3 GHz 频段 5G 载波 $>$ 3.4 GHz 频段 5G 载波 = 3.5 GHz 频段 5G 载波 $>$ 预留 5G 频段载波 $>$ 1.8 GHz 频段 4G 载波 $>$ 其他 4G 频点载波。其中, 预留 5G 频段载波指 2.1 GHz 载波 5G 小区。

(2)5G 侧专用频率优先级配置

当用户从 5G 向 4G 网络移动时, NSA/SA 双模终端和 NSA 单模终端应优先回落 4G 锚点, SA 单模终端回落 4G 锚点或其他 4G 载波均可。因此, 5G 侧专用频率优先级配置策略如表 1 所示。

表 1 5G 侧专用频率优先级

终端类型	专用频率优先级
NSA&SA 双模	5G 载波 $>$ 锚点 4G 载波 $>$ 其他 4G 载波
NSA 单模	锚点 4G 载波 $>$ 其他 4G 载波
SA 单模	5G 载波 $>$ 4G 载波

2.1.2 4G→5G 空闲态重选

4G 到 5G 的空闲态重选策略主要通过 4G 侧公共频率优先级和 4G 侧专用频率优先级实现^[12]。

(1)4G 侧公共频率优先级配置

考虑尽量减少对现网配置的更改, 公共频率优先级配置策略为: 在保持现网 4G 配置优先级顺序的前提下, 增加配置 NR 频点为优先级 7 或 6, 高于所有 4G、3G 频点。同时 4G 锚点载波优先级高于 4G 其他载波优先级。

(2)4G 侧专用频率优先级配置

NSA/SA 双栈网络下, 存在 4G 锚点小区和 4G 非锚点小区。对于 4G 锚点小区, 无需配置专用频点优先级, 整体频率优先级策略遵循公共频点优先级; 对于 4G 非锚点小区, 需区分终端类型配置不同的专用频点优先级, 避免不必要的异频测量, 从而影响用户感知。具体策略如表 2 所示。

表 2 4G 非锚点小区专用频率优先级

4G 非锚点小区	专用频率优先级
NSA&SA 双模终端	5G 载波 $>$ 4G 锚点载波 $>$ 其他 4G 载波 $>$ 3G 载波
NSA 单模终端	4G 载波 $>$ 3G 载波
SA 单模终端	锚点 4G 载波 $>$ 其他 4G 载波 $>$ 3G 载波

2.2 SA 单栈组网区域

对于 SA 单栈组网区域, 由于网络仅支持 SA 模式, 无需考虑 NSA 终端, 因此, 4G、5G 侧仅配置公共频点优先级与 NSA&SA 双栈的 4G、5G 公共频点优先级保持一致。

2.3 NSA 单栈组网区域

NSA 单栈组网区域下, NR 仅在双连接时生效, 因此 5G 侧无需配置任何频点优先级策略, 仅在 4G 侧配置频点优先级策略。同时, 考虑此时网络仅支持 NSA 模式, 因此仅配置公共优先级, 具体策略为: 4G 锚点载波 $>$ 其他 4G 载波。

3 连接态 5G 网络移动性

系统内 5G 网络移动性主要通过异频切换实现。若两个 5G 载波同优先级(例如 3.4 GHz 频段和 3.5 GHz 频段), 可采用 A2+A3 方式实现以保障载波间的负载均衡。若两个载波优先级不同, 当高优先级向低优先级切换时, 采用 A2+A4 或 A2+A5 方式实现, 即只有当高优先级载波小区低于某一门限且低优先级载波小区高于某一门限, 才触发切换; 当低优先级向高优先级切换时, 采用周期性触发方式实现对高优先级载波的周期性测量^[13]。切换事件的具体说明如表 3 所示。

表 3 切换事件说明

事件	说明
A2	服务小区差于绝对门限,这个事件可以用来开启某些小区间的测量
A3	邻居小区好于服务小区,这个事件发生可以用来决定 UE 是否切换到邻居小区
A4	邻居小区好于绝对门限,这个事件可以用来决定异频切换
A5	服务小区差于一个绝对门限并且邻居小区好于一个绝对门限;这个事件也可以用来决定异频切换
B1	表示异系统邻区质量高于一定门限,满足此条件事件被上报时,源小区启动异系统切换请求
B2	表示服务小区质量低于一定门限并且异系统邻区质量高于一定门限,满足此条件事件被上报时,源小区启动异系统切换请求

4G、5G 连接态的互操作包含重定向和切换两种^[4]。若 N26 接口具备且邻区配置完善,优选切换方式进行 4G 和 5G 之间的互操作。若采用重定向方式,则 4G 返回 5G 时须要采用基于测量的重定向防止 5G 踏空;5G 返回 4G 时根据实际情况采用基于测量的重定向或者盲重定向。切换和重定向的具体说明如表 4 所示。

为满足不同终端在不同组网下的感知最优,不同区域应根据终端类型差异化配置移动性策略。

3.1 NSA&SA 双栈组网区域

为实现终端在连接态使用各种场景下可能的最高能力网络,保障用户感知最优,NSA&SA 双栈组网区域连接态策略需满足如下原则:

(1)NSA&SA 双模终端在 NSA 模式和 SA 模式共同覆盖区域优先驻留 SA 网络。

(2)NSA&SA 双模终端从 4G 网络向 NSA&SA 双栈覆盖区移动时,会率先达到 NSA 网络要求。主要考虑 NSA 网络下 4G 可以补充上行,从而扩展 NR 下行覆盖。

(3)4G 锚点应支持 NSA&SA 双模终端从 NSA 网络向 SA 网络的迁移。

(4)NSA&SA 双模终端从 4G 网络移动到 4G 锚点和 SA 同覆盖区域时,应优先向 SA 网络迁移。

基于上述原则,本文分别给出 NSA&SA 双模区域 5G→4G 的连接态互操作和 4G→5G 的连接态互操作策略。

3.1.1 5G→4G 连接态互操作

由于 5G 属于高优先级网络,4G 属于低优先级网

络,因此 5G 到 4G 的连接态互操作采用 A2+B1 或 A2+B2 方式实现。即只有源 5G 小区低于一定门限同时目标 4G 小区高于一定门限时,才触发 5G 到 4G 的互操作流程^[15]。

(1)对于 SA 单模终端,目标 4G 小区优选业务主力承载且本区域内连续覆盖的频段。

(2)对于 NSA/SA 双模及单 NSA 单模终端,目标 4G 小区优选 4G 锚点载波。

3.1.2 4G→5G 连接态互操作

NSA/SA 双栈组网区域下的 4G 网络既包含 4G 锚点小区,又包含 4G 非锚点小区。下面针对 4G 锚点小区和 4G 非锚点小区分别给出互操作策略。

(1)4G 锚点小区

4G 锚点小区互操作策略如下:

①对于 NSA 单模终端,只需按照 B1 事件添加 NR 小区、A2 事件删除 NR 小区。

②对于 SA 单模终端,考虑 4G 向 5G 迁移属于低优先级到高优先级的迁移。在 SA 覆盖区域,应周期性触发 B1 测量,加快 SA 单模终端返回 5G 网络。

③对于 NSA&SA 双模终端:在 SA 覆盖较好区域,无论终端是否处于双连接状态,终端均应优先实现向 SA 迁移;在 SA 弱覆盖区域或覆盖边缘,终端通过周期性的 B1 测量触发 NSA 添腿流程。例如,网络侧可以通过将 SA B1 的 TTT 设置得小于 NSA B1 的 TTT,来实现 NSA&SA 双模终端优先向 SA 迁移。

(2)4G 非锚点小区

4G 非锚点小区互操作策略如下:

①对于 4G 终端,无需修改现网配置,执行 4G 现网移动性要求。

②对于 NSA 单模终端,优先迁移至 4G 锚点载波上进行业务。

③对于 SA 单模终端,优先迁移至 SA 载波进行业务。

④对于 NSA&SA 双模终端,按照以下优先级进行数据业务的迁移:5G SA 载波>4G 锚点载波>4G 当前载波。同时,在非锚点小区配置向锚点的定向切换相对于 SA 的 B1 测量延时启动定时器,以实现优先 SA 切换,具体如图 4 所示。

3.2 SA 单栈组网区域

对于 SA 单栈组网区域,由于网络仅支持 SA 模式,无

表 4 连接态下用户移动性 3 种方式对比

策略	切换	测量的重定向	盲重定向
技术实现	(1)需配置邻区; (2)UE 测量邻区,上报最优邻区	(1)单个频点至少配置一个邻区; (2)通过测量控制消息携带多个频点,测量报告会上报满足条件的频点	(1)只需配置频点; (2)频点下发后,UE 无需测量直接在 4G 发起接入
网规要求	需准确配置频点及邻区,网规难度大	对邻区配置的准确性要求较低	对邻区配置的准确性要求最低,对 LTE 覆盖要求高
核心网	需 N26 接口	无需 N26 接口	无需 N26 接口

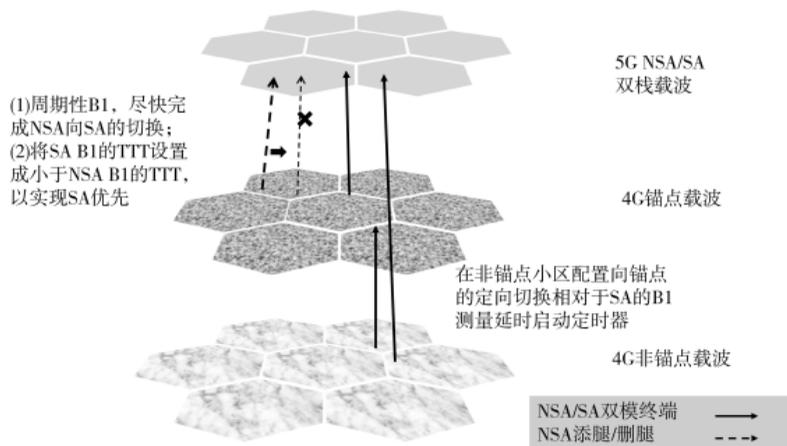


图4 NSA/SA双栈组网区域下NSA/SA双模终端连接态移动性示意图

需考虑 NSA 终端,因此 4G、5G 侧仅配置互操作策略与 NSA&SA 双栈下对于 SA 终端的互操作策略保持一致。

3.3 NSA 单栈组网区域

对于 NSA 单栈组网区域,由于网络仅支持 NSA 模式,因此 NR 只能通过双连接方式添加。此时 5G 侧只需配置 A2 事件,即删除 NR 事件。4G 侧配置互操作策略与 NSA&SA 双栈区域对于 NSA 单模终端的要求保持一致。

4 结论

5G 网络具有多组网方式、多终端类别等显著特征,多条件下的混合组网带来了复杂的网络拓扑及边界场景,用户的网间移动性保障优化难度呈几何倍数增长。本文基于 5G 网络移动性优化方案进行深入研究,首先介绍 5G 组网方式和 5G 终端类型,同时根据终端的不同 RRC 状态,引出互操作策略下的不同场景:空闲态移动性和连接态移动性。本文详细介绍了不同组网方式下不同终端的互操作策略,可以为现网互操作策略制定提供依据,有效牵引了 5G 网络移动性能优化。

参考文献

- [1] 李一,刘光海,许国平,等.5G 网络 NSA 与 SA 模式互操作策略研究[J].邮电设计技术,2020(6):55-60.
- [2] 刘光海,肖天,许国平.5G NSA 无线网性能验收指标及优化方法研究[J].邮电设计技术,2020(6):27-33.
- [3] 李一,许国平,刘光海,等.5G NSA 网络评价指标体系研究[J].邮电设计技术,2020(8):38-43.
- [4] 刘海林.5G NSA 架构下 4/5G 协同规划优化策略研究[J].信息通信,2020,44(10):18-21.
- [5] 刘光海.移动通信无线网络分析与深度优化[M].北京:

人民邮电出版社,2020.

- [6] 3GPP TS 37.340.Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA) and NR. multi-connectivity[S].2020.
- [7] 3GPP TS 38.304.User equipment(UE) procedures in Idle mode and RRC inactive state[S].2021.
- [8] 3GPP TS 38.331.NR.radio resource control(RRC) protocol specification[S].2021.
- [9] 3GPP TS 38.322.NR.radio link control(RLC) protocol specification[S].2019.
- [10] 3GPP TS 38.214.NR.physical layer procedures for data[S].2019.
- [11] 张国光,赵煜,付斐,等.基于 5G 共建共享下 NSA 和 SA 互操作应用研究[J].江苏通信,2021,37(1):12-16.
- [12] 刘映,吴坚,彭江怀,等.5G NSA 共建共享方案实践[J].邮电设计技术,2020(12):22-27.
- [13] 王海军,王光全,郑波,等.5G 网络架构及其对承载网的影响[J].移动通信,2018,42(1):33-38.
- [14] 汤建东,肖清华.5G 覆盖能力及综合分析[J].邮电设计技术,2019(6):28-32.
- [15] 印顺.5G 网络发展趋势与关键技术[J].中国新通信,2017(11):45-53.

(收稿日期:2021-05-07)

作者简介:

刘光海(1972-),男,硕士,高级工程师,主要研究方向:无线网络规划与网络智能运营。

李一(1990-),女,硕士,工程师,主要研究方向:无线网络智能运营与优化。

肖天(1991-),男,硕士,工程师,主要研究方向:无线网络智能运营与优化。



扫码下载电子文档

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所