

5G NR系统室内场景部署的TDD

Research on TDD Asynchronous
Interference of 5G NR System
Deployed in Indoor Scenario

非同步干扰研究

牛憶莹¹,周 瑶¹,宿 娟²(1. 中国联通研究院,北京 100048;2. 中国信息通信研究院,北京 100191)

Niu Yiyang¹,Zhou Yao¹,Su Juan²(1. China Unicom Research Institute,Beijing 100048,China;2. China Academy of Information and Communications Technology,Beijing 100191,China)

摘要:

5G室内频率使用许可的发放进一步推动了我国5G系统部署和商用进程,为高效合理地使用该段频率,满足室内场景上行业务占比较高的业务需求,研究了3 300~3 400 MHz频段5G NR系统在室内场景部署时的TDD非同步干扰情况。分析了不同功率参数设置下2个干扰场景的仿真结果。最后给出5G NR系统在室内场景下采用不同TDD配置的共存建议及共存措施。

关键词:

5G NR系统;室内场景;TDD;非同步干扰;共存
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.03.007
文章编号:1007-3043(2023)03-0035-05
中图分类号:TN929.5
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

The issuance of the 5G frequency License for indoor scenario has further promoted the deployment and commercialization of 5G system in our country. In order to use this frequency efficiently and meet the high demand for uplink services in indoor scenarios, the TDD asynchronous interference of 5G NR system in 3 300~3 400 MHz band for indoor scenario is studied. The simulation results of two interference scenarios under different power parameter settings are analyzed. Finally, the coexistence recommendations and coexistence measures for 5G NR systems using different TDD configurations in indoor scenarios are given.

Keywords:

5G NR system; Indoor scenario; TDD; Asynchronous interference; Coexistence

引用格式:牛憶莹,周瑶,宿娟. 5G NR系统室内场景部署的TDD非同步干扰研究[J]. 邮电设计技术,2023(3):35-39.

1 概述

2017年11月15日,工信部发布《工业和信息化部关于第5代移动通信系统使用3 300~3 600 MHz和4 800~5 000 MHz频段相关事宜的通知》(工信部无[2017]276号),规划3 300~3 600 MHz和4 800~5 000 MHz频段作为5G系统的工作频段,其中3 300~3 400 MHz频段原则上限室内使用。2020年2月,工信部分别向中国电信、中国联通、中国广电颁发无线电频率使用许可证,同意3家企业在全国范围共同使用

3 300~3 400 MHz频段用于5G室内覆盖,该许可的发放进一步推动了我国5G系统的部署和商用进程。然而考虑到不同室内场景的上行业务比例不同,存在室内场景TDD时隙配比不同从而导致交叉链路干扰的情况,因此本文研究的3 300~3 600 MHz频段5G NR系统室内场景部署的TDD非同步干扰,具有重要的理论价值和现实意义。

2 系统建模和仿真方法

2.1 干扰场景与拓扑结构

本文的研究重点为室内热点场景,基站放置在open office中,UE在基站服务区域内均匀分布。如果

收稿日期:2023-02-10

相邻小区TDD时隙配比不同,即在相同的时频资源上使用不同的传输方向,则存在交叉链路干扰,即TDD非同步干扰。例如BS到BS和UE到UE的干扰,如图1所示。考虑实际部署环境下UE到UE的干扰影响较小,本文只研究BS到BS的干扰。

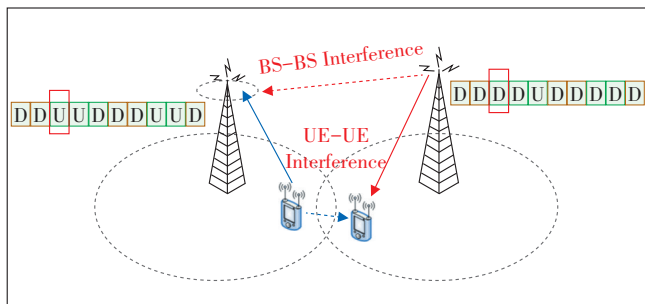


图1 交叉链路干扰

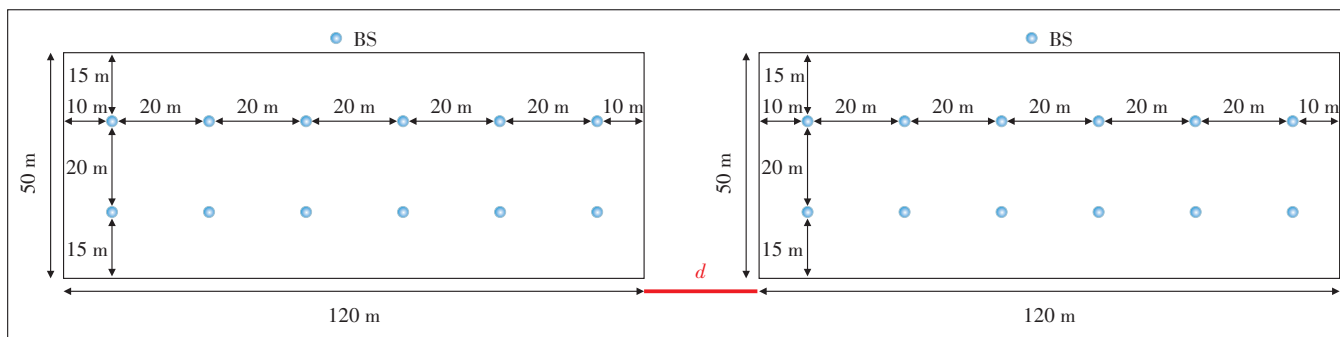


图2 不同室内环境基站分布示意图(场景1)

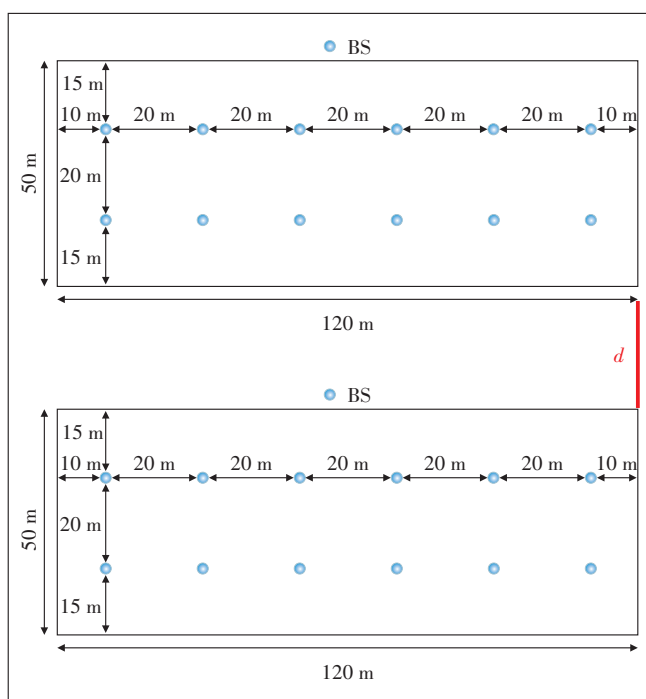


图3 不同室内环境基站分布示意图(场景2)

室内场景BS到BS的干扰主要分为不同室内环境和同一室内环境2种情况,其中室内环境的站址分布参考3GPP TR 36.873,共有12站点、6站点、3站点和2站点4种部署方案。

2.1.1 不同室内环境

对于不同室内环境,假设由于业务需求不同2个房间采用不同的TDD时隙配比,从而产生TDD非同步干扰。室内环境考虑12站点部署方案,干扰拓扑结构如图2(场景1)和图3(场景2)所示。

2.1.2 同一室内环境

对于同一室内环境,假设个别站点上行容量需求较高而采用与周围基站不同的TDD时隙配比,从而产生TDD非同步干扰。室内环境考虑12站点部署方案,由于其站点分布存在对称性,故只需研究编号为1、2、

3的3个站点的受扰情况,干扰拓扑结构如图4所示。

同一室内环境相比不同室内环境,干扰BS到被干扰BS之间不存在任何遮挡且间距较近,很难实现TDD非同步干扰共存,故补充研究3站点和2站点部署方案,其干扰拓扑结构如图5和图6所示。

2.2 信道模型

BS到UE的信道模型采用3GPP TS 38.901信道模型。

BS到BS的信道模型,不同室内环境采用3GPP

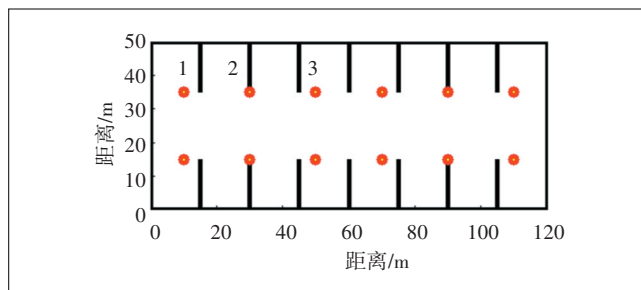


图4 同一室内环境基站分布示意图(12站点)

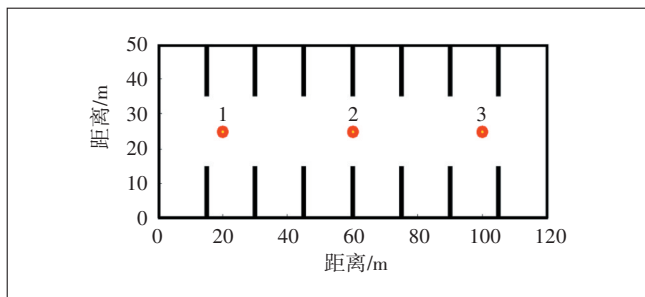


图5 同一室内环境基站分布示意图(3站点)

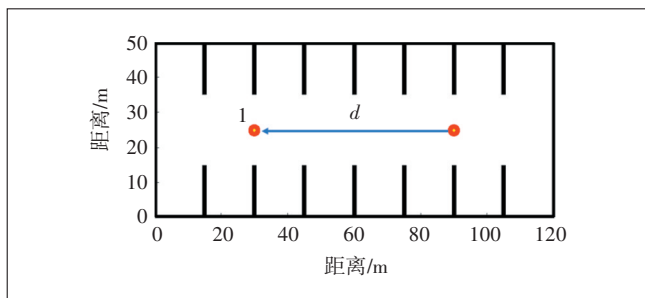


图6 同一室内环境基站分布示意图(2站点)

TS 38.901 InH-Office 场景信道模型的 NLOS 模型(见表1),同一室内环境采用 InH-Office 场景信道模型,其中 LOS 概率计算如表2所示。

表1 3GPP TS 38.901 InH-Office 场景信道模型

LOS	$PL_{InH-LOS} = 32.4 + 17.3 \log_{10}(d_{3D}) + 20 \log_{10}(f_c)$	$\sigma_{SF}=3$	$1 \text{ m} \leq d_{3D} \leq 150 \text{ m}$
NLOS	$PL'_{InH-NLOS} = \max(PL_{InH-LOS}, PL'_{InH-NLOS})$ $PL'_{InH-NLOS} = 38.31 \lg d_{3D} + 17.30 + 24.91 \lg f_c$	$\sigma_{SF}=8.03$	$1 \text{ m} \leq d_{3D} \leq 150 \text{ m}$

表2 3GPP TS 38.901 InH-Office 场景 LOS 概率计算

Scenario	LOS probability (distance is in meters)	
Indoor - Open office	$Pr_{LOS} = 1$	$d_{2D-in} \leq 5 \text{ m}$
	$\exp\left(-\frac{d_{2D-in} - 5}{70.8}\right)$	$5 \text{ m} < d_{2D-in} \leq 49 \text{ m}$
	$\exp\left(-\frac{d_{2D-in} - 49}{211.7}\right) \times 0.54$	$49 \text{ m} < d_{2D-in}$

同时,不同室内环境的 BS 到 BS 间存在建筑物遮挡,故需要考虑穿透损耗,本文参考了 3GPP TS 36.873 的穿透损耗模型,其中单层穿墙损耗 PL_w 考虑 20 dB,具体如表3所示。

2.3 功控模型

下行链路无需使用功率控制,基站满功率发射,每个 RB 分配相同的功率。

NR 系统中的上行传输功率控制模型,采取计算

表3 3GPP TS 36.873 UMa 场景下的穿透损耗模型

3D-UMa O-to-I	$PL = PL_b + PL_w + PL_{in}$ For hexagonal cell layout: $PL_b = PL_{3D-UMa}(d_{3D-out} + d_{3D-in})$ $PL_w = 20$ $PL_{in} = 0.5d_{2D-in}$	$\sigma_{SF}=7$	$10 \text{ m} < d_{2D-out} + d_{2D-in} < 1000 \text{ m}$ $0 \text{ m} < d_{2D-in} < 25 \text{ m}$ $h_{BS} = 25 \text{ m}, h_{UT} = 3(n_{fl} - 1) + 1.5, n_{fl} = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$
------------------	---	-----------------	--

注: PL_b = basic path-loss, PL_{3D-UMa} = Loss of 3D-UMa outdoor scenario, PL_w = Loss through wall, PL_{in} = Loss inside, d_{2D-in} is assumed uniformly distributed between 0 and 25 m.

出控制功率并补偿到发射功率上的方法。终端的发射功率计算如下:

$$P_t = P_{\max} \times \min \left\{ 1, \max \left[R_{\min}, \left(\frac{CL}{CL_{x-ile}} \right)^\gamma \right] \right\} \quad (1)$$

式中:

P_{\max} ——移动台最大发射功率

R_{\min} ——与用户最小发射功率有关的参数

CL——路径耦合损耗,定义为 $\max\{\text{pathloss} - G_{Tx} - G_{Rx}, \text{MCL}\}$ 。其中 pathloss 是传播损耗加上阴影衰落, G_{Tx} 是接收机方向上的发射机天线增益, G_{Rx} 是发射机方向上的接收机天线增益

功控参数参考 3GPP TR 36.942 和 WP5D 38e 主席报告(5D/716),具体如表4所示。

表4 $P_{O_PUSCH}(j)$ 取值 (单位: dBm)

Parameter Set	Alpha	$P_{O_PUSCH}(j)$	
		UMA	INDOORS
Set 1	1.0	-101.0	-96.0
Set 2	0.8	-92.2	-87.2

CL_{x-ile} 可以由 $P_{O_PUSCH}(j)$ 获取,考虑单用户传输带宽为 27 PRB, SCS 为 30 kHz, CL_{x-ile} 取值如表5所示。

表5 功率控制算法参数

Parameter Set	Gamma	CL_{x-ile}	
		UMA	INDOORS
Set 1	1	106.7- Δ	101.7- Δ
Set 2	0.8	122.3- Δ	116.1- Δ

注: $\Delta = 21 \lg(f_c/2.0)$, 不同频率调整参数, 当 $f_c = 2 \text{ GHz}$ 时, $\Delta = 0 \text{ dB}$

2.4 评估标准

NR 系统共存的评估标准如表6所示。

2.5 仿真参数

室内微站采用的仿真假设如表7所示。

ACIR 根据干扰系统 ACLR 与被干扰系统 ACS 指标计算获得, ACIR 计算公式为:

表6 评估标准

方法	评估准则
1	NR系统允许上下行吞吐量损失5%为评估的准则
2	I/N -6 dB

表7 室内微站仿真参数假设

仿真假设	室内微站
场景	Indoor hotspot
部署	120×50 m房间内放置微站,见图4、图5和图6
基站高度/m	3
下倾角/ $^\circ$	90
频率范围/MHz	3 300~3 600
带宽/MHz	100
基站发射功率/dBm	24
基站线损/dB	3
基站天线配置	全向天线
基站噪声系数/dB	13
基站天线增益/dBi	2.5
UE天线配置	2 TX
UE天线增益/dBi	0
UE发射功率/dBm	23
终端噪声系数/dB	9
人体损耗/dB	4
UE数量	10
UE分布	100% indoor

$$ACIR^{-1} = ACLR^{-1} + ACS^{-1} \quad (2)$$

其中, ACLR为45 dB, 参见3GPP TS 38.104的表6.6.3.2-1。

其中, ACS的计算如下:

$$ACS = \text{Interfering signal mean power} - \text{Noise_floor} - 10\lg(10^{M/10} - 1) \quad (3)$$

其中, Interfering signal mean power = -44 dBm, 具体参见3GPP TS 38.104的表7.4.1.2-1。

Noise_floor根据用户带宽计算。被干扰系统为NR TDD基站上行, 10个用户, 用户带宽为27 PRB, 子载波间隔为30 kHz, 对应用户带宽为9.72 MHz; $M=6$ dB。

把上述取值代入式(3), 可得 ACS=42.4 dB。

将 ACLR 和 ACS(需要将 dB 转换成实际值)代入式(2), 则 NR TDD 基站下行干扰 NR TDD 基站上行的 ACIR 如表8所示。

3 仿真分析结果

3.1 不同室内环境

表8 NR TDD基站下行干扰NR TDD基站上行的ACIR

干扰链路	ACIR/dB	ACLR/dB	ACS/dB
NR TDD基站下行对NR TDD基站上行	40.5	45	42.4

本节研究干扰系统和被干扰系统使用同一频段时的TDD非同步干扰, 拓扑结构参考2.1.1节, 保护距离 d 分别取0、25、50、75、100 m时, 得到的被干扰系统吞吐量损失如表9所示。

表9 不同室内环境NR基站干扰NR基站吞吐量损失

场景		不同隔离距离				
		0 m	25 m	50 m	75 m	100 m
场景1	set1/%	12.56	4.21	1.62	0.81	0.49
	set2/%	17.60	6.98	3.20	1.71	0.88
场景2	set1/%	21.07	7.63	3.42	1.80	1.01
	set2/%	31.58	13.52	6.50	3.46	1.98

从表9可以看出, 不同室内环境下:

a) 室内 NR TDD 基站采用 set1 功控相对采用 set2 功控的吞吐量损失更小。

b) 对于场景1: 在 set1 功控下, 保护距离 $d \geq 25$ m 时, 吞吐量损失小于5%, 可实现同频共存; 在 set2 功控下, 保护距离 $d \geq 50$ m 时, 吞吐量损失小于5%, 可实现同频共存。

c) 对于场景2: 在 set1 功控下, 保护距离 $d \geq 50$ m 时, 吞吐量损失小于5%, 可实现同频共存; 在 set2 功控下, 保护距离 $d \geq 75$ m 时, 吞吐量损失小于5%, 可实现同频共存。

d) 以 set1 仿真结果为例, 在当前隔离距离的基础上需要的额外隔离度如表10所示。

表10 不同隔离距离下系统间共存所需的额外隔离度

场景	隔离距离/m	额外隔离度/dB
场景1	0	7.8
	25	2.6
场景2	0	9.6
	25	2.6

3.2 同一室内环境

本节研究干扰系统和被干扰系统使用相邻频段的TDD非同步干扰, 拓扑结构参考2.1.2节, 得到的被干扰系统吞吐量损失如表11所示。

从表11可以看出, 同一室内环境下:

a) 室内 NR TDD 基站采用 set1 功控相对采用 set2 功控, 吞吐量损失较小。

b) 同一室内环境(12站点)中, 当单站采用与周围基站不同的TDD帧结构时, 邻频共存实现困难, 至少

表 11 同一室内环境 NR 基站干扰 NR 基站吞吐量损失

不同场景		吞吐量损失/%	额外隔离度/dB	
12 站点结构场景	1 号站作为被干扰站	set1	67.46	18.06
		set2	75.56	19.17
	2 号站作为被干扰站	set1	73.31	19.37
		set2	80.73	20.51
	3 号站作为被干扰站	set1	74.89	19.78
		set2	82.07	20.90
3 站点结构场景	1 号站作为被干扰站	set1	24.17	9.31
		set2	30.90	10.74
	2 号站作为被干扰站	set1	32.83	11.30
		set2	40.89	12.78
2 站点结构场景	站点间间隔 60 m	set1	11.22	4.62
		set2	15.26	6.37
	站点间间隔 100 m	set1	4.91	-
		set2	6.61	1.70
	站点间间隔 114 m	set1	-	-
		set2	4.92	-

需要 18.06 dB 以上的额外隔离度进行保护。

c) 同一室内环境(3 站点)中,当单站采用与周围基站不同的 TDD 帧结构时,邻频共存较为困难,需要 9.31~10.74 dB 的额外隔离度保护。

d) 同一室内环境(2 站点)中,单站采用与周围基站不同的 TDD 帧结构时,邻频共存可以实现。考虑 set1 功控,当站点间隔 100 m 以上时,3GPP 理论 ACIR 值即可满足系统间的邻频共存。

4 结论

本文研究了 3.3 GHz 频段上 5G NR 系统室内场景的 TDD 非同步干扰情况,分析了不同室内环境和同一室内环境两大场景下 5 种干扰拓扑结构,以及 set1 和 set2 2 种功控参数对系统间共存的影响。研究表明,不同室内环境采用合适的上行功控参数以及一定的隔离保护距离即可满足共存要求。同一室内环境共存较为困难,干扰系统和被干扰系统需使用不同频段,并考虑带外指标限制、减少站点部署等额外保护措施。

参考文献:

[1] 3GPP. NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1; Range 1 Standalone; (Release 15); 3GPP TR 38.101[S/OL]. [2022-04-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[2] 3GPP. NR; Base Station (BS) radio transmission and reception (Release 15); 3GPP TR 38.104[S/OL]. [2022-04-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[3] 3GPP. Study on new radio access technology; Radio Frequency (RF) and co-existence aspects; 3GPP TR 38.803[S/OL]. [2022-04-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[4] 3GPP. Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz; 3GPP TR 38.901[S/OL]. [2022-04-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[5] 3GPP. E-UTRA-Further enhancements to LTE Time Division Duplex (TDD) for Downlink-Uplink (DL-UL) interference management and traffic adaptation; 3GPP TR36.828[S/OL]. [2022-04-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[6] 3GPP. Study on 3D channel model for LTE (Release 12); 3GPP TR 36.873[S/OL]. [2022-04-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[7] 3GPP. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Frequency (RF) system scenarios[S/OL]. [2022-04-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[8] ZTE. Discussion on UE min Tx power for NR power control[EB/OL]. [2022-06-25]. <https://www.3gpp.org/>.

[9] ECO. National synchronisation regulatory framework options in 3400-3800 MHz; a toolbox for coexistence of MFCNs in synchronised, unsynchronised and semi-synchronised operation in 3400-3800 MHz [EB/OL]. [2022-03-08]. https://docdb.cept.org/document/category/ECC_Reports?name=ECC_Reports&sort=titleDESC.

[10] ECO. Toolbox for the most appropriate synchronisation regulatory framework including coexistence of MFCN in 24.25-27.5 GHz in unsynchronised and semi-synchronised mode [EB/OL]. [2022-03-06]. https://docdb.cept.org/document/category/ECC_Reports?name=ECC_Reports&sort=titleDESC.

[11] ITU-R. Characteristics of terrestrial IMT-Advanced systems for frequency sharing/interference analyses [EB/OL]. [2022-04-20]. <https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2292>.

[12] ITU-R. Modelling and simulation of IMT networks and systems for use in sharing and compatibility studies [EB/OL]. [2022-06-25]. <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2101/en>.

[13] ITU-R. Reference radiation patterns of omnidirectional, sectoral and other antennas for the fixed and mobile service for use in sharing studies in the frequency range from 400 MHz to about 70 GHz[EB/OL]. [2022-06-25]. <https://www.itu.int/rec/R-REC-F.1336/en>.

[14] 刘吉凤,周瑶,张忠皓. 5G NR FDD 与 WCDMA 系统共存研究[J]. 邮电设计技术, 2021(2):47-53.

[15] 王伟,张涛. 基于人工智能的 TDD 灵活时隙研究[J]. 信息技术, 2021, 15(5):15-20.

[16] 胡炫光. 5G NR 系统共存干扰研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2019.

作者简介:

牛憶莹,工程师,硕士,主要从事移动通信频率研究、频率规划、共存仿真平台搭建等工作;周瑶,高级工程师,硕士,主要从事移动通信频率研究工作;宿娟,助理工程师,主要从事宽带网络方面的研究工作。