

# 高铁LTE网络中TDD和FDD

Research on Fusion Network of TDD and  
FDD in High Speed Rail LTE Network

## 融合组网研究

石巍,张洪伟,吴磊,左坤明(中国移动通信集团设计院有限公司重庆分公司,重庆401121)

Shi Wei, Zhang Hongwei, Wu Lei, Zuo Kunming (China Mobile Communications Group Design Institute Co., Ltd. Chongqing Branch, Chongqing 401121, China)

### 摘要:

TDD与FDD LTE作为4G网络的2种主流技术,技术差异约10%,但是在业务速率、覆盖、VoLTE及高速移动支持能力等方面存在巨大差异。从高铁规划设计到网络优化参数设置入手,并结合实际案例进行了深入地研究,探索出高速场景下TDD和FDD融合组网技术方案。

### 关键词:

融合组网;互操作策略;建设原则;关键参数  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2019.10.013  
中图分类号:TN929.5  
文献标识码:A  
文章编号:1007-3043(2019)10-0057-05

### Abstract:

TDD and FDD LTE, as two mainstream technologies of 4G networks, have about 10% technical differences, but there are great differences in service rate, coverage, VoLTE and high speed mobile support capabilities. Starting from the planning and design of high-speed railway and the setting of network optimization parameters, and combining with practical cases, it makes a thorough study, and explores the technical scheme of integration of TDD and FDD in high-speed scenario.

### Keywords:

Fusion network; Interoperability strategy; Construction principles; Key parameter

**引用格式:**石巍,张洪伟,吴磊,等. 高铁LTE网络中TDD和FDD融合组网研究[J]. 邮电设计技术,2019(10):57-61.

## 0 引言

随着高铁的普及,高铁已成为人们出行方式的首选,同时随着LTE网络覆盖和用户终端普及,高铁网络覆盖和容量成为用户体验的主要瓶颈。别的运营商利用原有站址,短时间内补齐覆盖短板,中国移动高铁专网优势受到严峻挑战。受限于TDD制式,上行能力与友商差距较大。为解决高铁网络覆盖和容量,高铁覆盖采用FDD+TDD组网方式,利用FDD的技术优势和低频段组网,解决高铁覆盖和容量问题。

收稿日期:2019-08-16

## 1 覆盖能力

目前高铁组网方式单一,主要以F频段为主,无法满足高铁“潮汐效应”需求。随着LTE网络的发展,目前单一组网的方式已经很难满足用户的要求,利用各网络制式优点的混合组网方式成为运营商建网的首选。2种网络制式中TDD覆盖比FDD小80%(DL/UL=2:1)/小40%(DL/UL=1:1)。主要原因为TDD上行链路可发射的时间(一个10ms帧中)要比FDD时间短,以及FDD制式较TDD制式可使用的RB资源更多,吞吐率更高。从LTE频谱分配来看,FDD频段普遍较低,TDD频段主要分布在高频段,FDD制式较TDD制

式覆盖能力更强。FDD上行能力相当于2倍频宽的TDD载波,而TDD制式需要通过时域切换改变上传和下载,对高铁用户而言,FDD网络体验相对来说更胜一筹。

## 2 FDD规划建设

### 2.1 频率选择

表1 性能参数

系统	LTE FDD(1 800 MHz)			TD-LTE(F频段)			TD-LTE(D频段)		
系统带宽/MHz	2×10			20			20		
信道类型	RS	PDSCH	PUSCH	RS	PDSCH	PUSCH	RS	PDSCH	PUSCH
覆盖目标	-113 dBm	2 Mbit/s	128 kbit/s	-113 dBm	2 Mbit/s	128 kbit/s	-113 dBm	2 Mbit/s	128 kbit/s
覆盖半径/站间距/m	700/1 000			700/1 000			470/700		

FDD与TDD 2天线VoLTE覆盖对比:相同AMR下,FDD下行与TDD相当;相同AMR下,FDD上行的MCS要求更低,需要RB更少,因此上行优于TDD约2 dB(见表2)。

高铁FDD采用10 MHz带宽组网与现网DCS1800存在一定重合,需要对现网DCS1800站点进行退频,因此TDD干扰主要来自系统内干扰,FDD干扰主要来源于GSM频率干扰。

初期通过GSM1800退出10 MHz带宽给高铁使用,高铁周边3 km内清频隔离,城区及高铁周边未建立FDD 1800网络覆盖。

后期当公网逐步使用FDD 1800后,通过高铁周边站点RF优化,保证高铁专网的覆盖,同时利用软特性(高速专属策略管理)构建同频虚拟专网,进一步保证高铁专网性能不下降。

### 2.2 参数规划原则

FDD的TAC规划原则只要容量允许,FDD和TDD规划使用相同TAC。

FDD的PCI规划原则应尽量避免PCI冲突、PCI混淆和PCI干扰。

PRACH规划逻辑根应该满足高铁小区的覆盖半径的要求,高铁沿线的普通小区要先避免使用高铁逻辑根。高铁HighSpeedFlag设置为True。零相关配置(zeroCorrelationZoneConfig)设置使用高速场景组,前导格式(PreambleFormat)、竞争式(preambleNumberOfRAPreambles)、频率偏移(prachFrequencyOffset)配置与普通小区一致。

### 2.3 RRU合并原则

高铁站点规划多RRU共小区规划原则,以达到改

善小区边缘性能,提升单个RRU覆盖半径和提升下载感知速率的目的,同时减少高铁频繁切换问题。

针对高铁途经的不同场景区域,选择不同多RRU共小区数目,避免高铁专网小区负荷过高,具体如下。

- a) 城区根据实际容量采用合适的共小区方案。
- b) 郊区建议采用2~6个RRU共小区。
- c) 农村建议采用6~12个RRU共小区。
- d) 隧道及隧道群场景,在不超过RRU共小区最大数目情况下,建议全线共小区。

## 2.4 专网建设

### 2.4.1 建设原则

网管:与高铁网络共网管,统一管理。

核心网:接入现网核心网,同厂家建设更快速。

传输:TDD和FDD共传输。

BBU:TDD和FDD共用BBU框,节省空间,其中GSM900和1800独立BBU框。

主控:TDD和FDD共主控。

基带:TDD和FDD独立基带。

射频模块:TDD和FDD独立RRU,做到独立优化,达到双网双优,RRU使用支持2T2R的模块,速率更快,体验翻倍。

天面:TDD采用独立天线,其中TDD-F与TDD-D采用共RRU共天面的模式,FDD与GSM900共天线。

电源:需要配置充足的DCDU-12B,电源线径要根据实际距离确认。

图1给出了FDD制式拓扑图。对于新建高铁采用如图2所示FDD建设方案;对于已通高铁,采用如图3所示的FDD扩容建设方案。

### 2.4.2 建设规模

表2 TDD1.9 GHz和FDD 1.8 GHz链路预算

	TDD 1.9 GHz-VoLTE				FDD 1.8 GHz-VoLTE			
	郊区	郊区	城区	城区	郊区	郊区	城区	城区
业务类型	AMR 23.85k							
场景	高铁							
DL:UL	3:1	3:1	3:1	3:1	-	-	-	-
带宽/MHz	20	20	20	20	20	20	20	20
天线端口数	2	2	2	2	2	2	2	2
天线配置	1T2R	2T2R	1T2R	2T2R	1T2R	2T2R	1T2R	2T2R
信道类型	HST	HST	HST	HST	HST	HST	HST	HST
MSC阶数	MCS3	MCS0	MCS3	MCS0	MCS1	MCS0	MCS1	MCS0
发射端								
最大发射功率/dBm	23	46	23	46	23	46	23	46
终端天线增益/dBi	0	18	0	18	0	18	0	18
RB数	3	100	3	100	3	100	3	100
馈线和接头损耗/dB	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5
EIRP/dBm	7.44	32.7	7.44	32.7	7.44	32.7	7.44	32.7
接收端								
基站天线增益/dBi	18.0	0.0	18.0	0.0	18.0	0.0	18.0	0.0
馈线和接头损耗/dB	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0
接收机噪声系数/dB	3.0	7.0	3.0	7.0	3.0	7.0	3.0	7.0
接收机灵敏度/dBm	-129.3	-133.2	-129.3	-133.2	-129.3	-133.2	-129.3	-133.2
干扰余量/dB	3.0	6.0	3.0	6.0	3.0	6.0	3.0	6.0
人体损耗/dB	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
最小接收电平/dBm	-140.8	-124.2	-140.8	-124.2	-140.8	-124.2	-140.8	-124.2
储备余量/dB								
阴影衰落余量/dB	5.82	5.82	8.64	8.64	5.82	5.82	8.64	8.64
终端损耗/dB	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
穿透损耗/dB	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
区域覆盖概率	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
储备总计/dB	38.8	38.8	41.6	41.6	38.8	38.8	41.6	41.6
最大允许路损/dB	109.44	118.11	106.62	115.29	111.44	118.11	112.62	115.29
传播模型信息								
频率/MHz	1 890	1 890	1 890	1 890	1 765	1 860	1 765	1 860
基站天线高度/m	20	20	20	20	20	20	20	20
终端天线高度/m	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
传播模型	Cost231-Hata							
覆盖半径/km	0.534	0.925	0.447	0.773	0.646	0.938	0.696	0.785

高铁全线长度 344 km,本次规划设计 223 km,其中隧道里程 116 km。

高铁全线采用 FDD/TDD-F/TDD-D 1:1:1 的建设方式,其中共计规划 FDD 站点共计 108 个,小区 108 个,高铁全线站间距为 475 m。

目前新建高铁采用 TDD+FDD 同步建设、融合组网的方案,解决高铁覆盖和容量问题,后期将对现有路段新建 FDD 以解决目前存在的覆盖和容量问题。

### 3 专网参数设置

#### 3.1 功率设置

TDD/FDD 采用功率配置最大原则,因高铁 FDD 采用 DCS1800 频段 10 MHz 带宽,且同时 RRU 型号发射功率明显强于 TDD 设备 RRU,覆盖效果理论要明显好于 TDD 覆盖效果。

#### 3.2 互操作策略

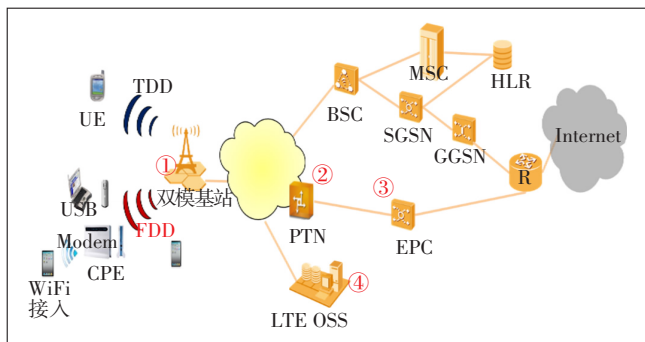


图1 FDD制式拓扑图

### 3.2.1 整体原则

图4给出了互操作策略示意。

a) 数据业务: 4G终端优先驻留4G专网, 在4G专网只重选/重定向至2G专网, 在2G专网可直接重选回4G专网减少互操作复杂性, 在4G专网覆盖质量较高的线路, 可适当调低4G到2G的重选/重定向门限。

b) CSFB: CSFB终端拨打电话时, 通过盲重定向到2G专网, 完成通话后, 通过终端自主FR返回4G专网。

c) eSRVCC: VoLTE终端在语音过程中, 通过eSRVCC切换到2G专网, 完成通话后通过终端自主FR

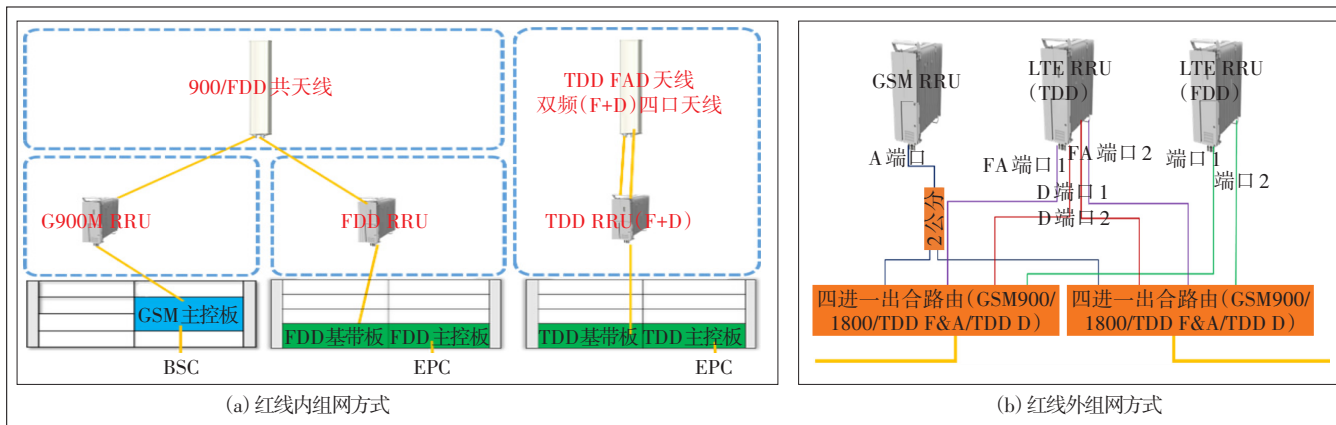


图2 新建高铁FDD组网方式

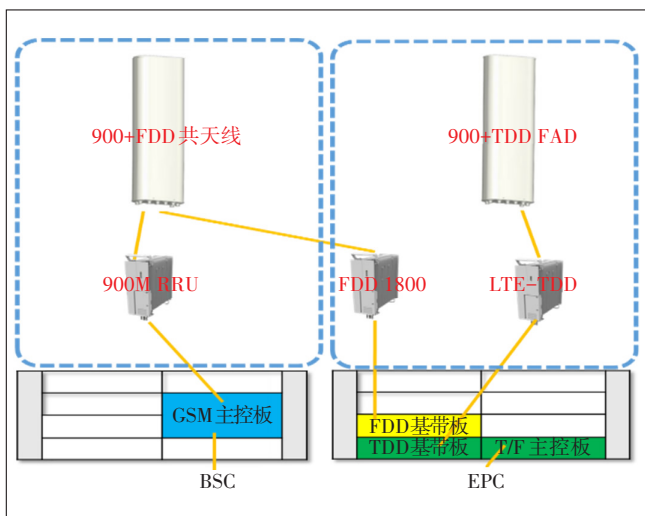


图3 已建高铁FDD扩容方案

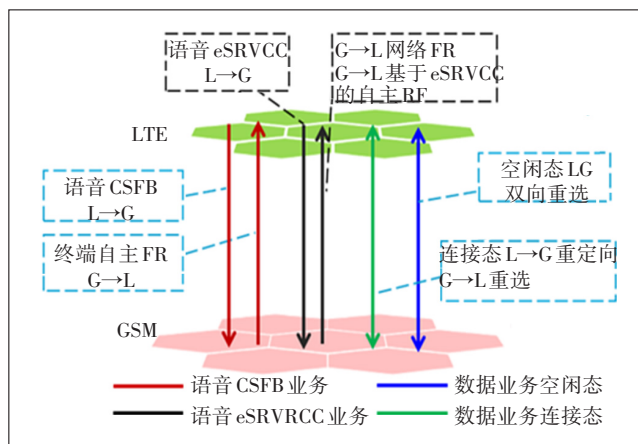


图4 互操作策略

返回4G专网。

d) 2G终端只占用2G专网。

### 3.2.2 策略方案

通过基于业务的分层, 将不同特点的业务与不同特性的频段进行适配, VoLTE业务优先承载在F频段, 大包数据业务优先承载在FDD载波。

对不同频段设置同优先级、调整切换触发策略、优化互操作门限, 解决“FDD忙TDD闲”问题(见表3)。

### 3.2.3 空闲态驻留策略

针对小区重选和驻留问题, 后期将根据高铁沿线覆盖和容量实际情况进行专题研究, 选择驻留策略, 统一设置驻留策略, 达到高铁专网小区负荷均衡和用户体验连续的目的(见表4)。

### 3.2.4 连接态切换和负载均衡策略



表3 各频段优缺点及作用

频段	带宽/MHz	优点	缺点	作用
TDD 2 600 MHz	20	大带宽,干扰少	高频段覆盖相对弱,抗频偏性能弱,上行容量小	容量层
TDD 1 900 MHz	20	覆盖性能好,抗频偏能力强	上行容量小	覆盖层+VoLTE
FDD 1 800 MHz	10	覆盖好,抗频偏能力强,上行容量大,导频功率大	当前可用带宽小,终端渗透率低	大包数据业务+VoLTE

表4 驻留策略

序号	驻留策略	优点	缺点
驻留策略1	TDD优先驻留	利用TDD-F频段充足带宽作为驻留层,利用TDD-D作为容量层吸收用户,充分利用网络资源,FDD作为增强覆盖,分担部分TDD话务。	FDD用户数偏少,资源利用率低
驻留策略2	FDD/TDD随机驻留	用户随机分布,相对与TDD优先驻留可更充分利用FDD资源	话务均衡依赖于TF双模终端渗透率
驻留策略3	FDD优先驻留	相对与TDD优先驻留可更充分利用FDD资源,且FDD覆盖能力要强于TDD	网络调整大,FDD可能吸收太多用户

公网与专网邻区规划原则:根据切换策略,在车站站台位置,高铁专网站点需要与车站室分进行相互切换,遵循原则如下。

a) 高铁专网与车站室分、车站室分与公网互配邻区关系。

b) 专网与站台室分切换位置尽量不要落在车站上下车区域。

高铁沿线专网邻区规划:高铁FDD专网链形下上级有切换关系高铁专网小区(FDD与TDD-F、FDD与TDD-D、TDD-F与TDD-D)对互配邻区关系,同时原则FDD高铁专网与公网不配置邻区关系。

采用如下互操作策略方案。

a) 覆盖类切换:考虑TDD/FDD频段差异,TDD覆盖边界切换到FDD。

b) 负载均衡策略:TDD 2个频点之间单向进行负载均衡,FDD和TDD-F频段双向MLB来均衡TDD系统和FDD系统之间的用户数。

### 3.2.5 语音业务策略

高铁FDD网络开启VoLTE语音功能,高铁VoLTE业务优先选择TDD-F频段进行承载。FDD用户优先进行同频切换,其次为异频切换,最后执行eSRVCC。根据高铁用户终端能力,语音业务解决方案如下。

a) 不支持VoLTE的终端沿用当前CSFB策略回落GSM,通话结束后快速返回LTE。

b) 支持VoLTE的终端且支持FDD,通过设置特殊的异频切换策略(QCI1 A2门限高)优先承载在FDD1800上。

c) 支持VoLTE但不支持FDD的终端,通过设置特殊的异频切换策略(QCI1 A2门限高)优先承载在F频段上,弱覆盖区域SRVCC到GSM。

## 4 建网效果

### 4.1 覆盖率效果

网络建设优化完成后,线路1高铁综合覆盖率达76.68%提升至86.42%,相比开通前提升9.74%;线路2高铁段综合覆盖率由88.99%提升至94.72%,提升5.73%,提升效果明显。

### 4.2 业务及用户分流效果

FDD站点开通优化后,FDD网络业务分流占比44%,用户分流占比44.3%,用户数超300的小区由122个降低至37个,有效分担了TDD流量负荷,缓解业务拥塞。TDD网络开通前用户数为20 211个/天,开通后FDD网络承载用户数为9 373个/天,TDD网络承载用户数为11 785个/天,总承载用户数为21 158个/天较建设前有所增加。业务分流开通前TDD网络承载业务流量为2 589 GB/天,开通后FDD网络承载业务流量为1 694 GB/天,TDD网络承载业务流量为2 154 GB/天,总计承载为3 848 GB/天,较建网前增加1 259 GB/天,有效释放网络负荷高导致的压抑流量,缓解网络负荷,发挥FDD网络优势。

## 5 总结

合理地融合FDD和TDD网络,对于高速场景的覆盖具有重要意义,不但可以很好地解决技术不能解决的问题,还可以充分利用目前比较缺少的资源,探索一个新的网络建设方向,为后续网络建设提供参考。

### 参考文献:

[1] Long Term Evolution (LTE) physical layer; General description: 3GPP TS 36.201 [S/OL]. [2019-05-17]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.  
 [2] Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC): 3GPP TS 23.216 [S/OL]. [2019-05-17]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

### 作者简介:

石巍,网优咨询师,主要研究方向为无线网络规划与优化;张洪伟,网优咨询师,主要研究方向为无线网络规划与优化;吴磊,高级咨询师,主要研究方向为无线网络规划与优化;左坤明,高级工程师,主要研究方向为传输网络及技术,网络规划及优化。