

# 基于eMTC的物联网规划优化

Research on Key Technology of IoT Planning  
and Optimization Based on eMTC

## 关键技术研究

蔡淇楷<sup>1</sup>, 黄必鑫<sup>1</sup>, 赵元<sup>2</sup>, 卢丽文<sup>1</sup> (1. 中国联通厦门分公司, 福建 厦门 361009; 2. 中国联通网络技术研究院, 北京 100048)  
Cai Qikai<sup>1</sup>, Huang Bixin<sup>1</sup>, Zhao Yuan<sup>2</sup>, Lu Liwen<sup>1</sup> (1. China Unicom Xiamen Branch, Xiamen 361009, China; 2. China Unicom Network Technology Research Institute, Beijing 100048, China)

### 摘要:

eMTC是基于3GPP LTE标准协议演进的蜂窝物联网技术,主要面向中低速率、深度覆盖、低功耗、大连接的物联网应用场景。首先从eMTC网络架构、eMTC关键技术特性、eMTC与LTE共存等多个角度进行理论分析和研究。其次,结合国内首个大规模eMTC试商用网络——厦门eMTC试验网开展技术评估和测评分析,归纳和总结出网络部署相关建议,为全国商用规模部署eMTC网络提供有效的技术支撑和借鉴。

### Abstract:

eMTC is a cellular IoT technology based on the evolution of 3GPP LTE standard protocol. It is mainly targeted at the IoT application scenarios of medium and low speed, deep coverage, low power consumption and large connection. Firstly, theoretical analysis and research on eMTC network architecture, key technical characteristics of eMTC, coexistence of eMTC and LTE are carried out. Secondly, combined with the first domestic large-scale eMTC trial commercial networks——Xiamen eMTC trial network, technical evaluation and evaluation analysis are carried out, and the relevant suggestions on network deployment are summarized and concluded to provide effective technical support and reference for the nationwide commercial deployment of eMTC network.

### Keywords:

eMTC; IoT; LTE

### 关键词:

eMTC; 物联网; LTE

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2019.02.005

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

文章编号: 1007-3043(2019)02-0026-06

**引用格式:** 蔡淇楷, 黄必鑫, 赵元, 等. 基于eMTC的物联网规划优化关键技术研究[J]. 邮电设计技术, 2019(2): 26-31.

## 0 引言

物联网是未来信息技术发展的重要组成部分,其主要技术特点是将物品通过通信技术与网络连接,从而实现人机互连,物物互连的智能化网络。协议3GPP R13针对此类物联网业务的特点,基于LTE进行演进,设计了专门用于物联网的FDD eMTC(Enhanced Machine Type Communications)技术,eMTC将被广泛应用在不同的垂直行业。本文通过对eMTC网络架构、eMTC关键技术特性、eMTC与LTE共存等多个角度进

行分析和研究,通过对国内首个大规模eMTC试验网试商用部署和组网技术测评,归纳和总结网络部署相关建议,为全国商用规模部署eMTC网络提供有效的技术支撑和借鉴。

## 1 eMTC基本概况及关键技术

### 1.1 整体架构

eMTC的端到端系统架构如图1所示,与LTE相比,新增IoT平台和应用平台。IoT平台汇聚从各种接入网得到的IoT数据,根据不同类型转发至相应的业务应用服务器进行处理。应用平台是IoT数据的最终汇聚点,根据客户的需求进行数据处理等操作。

收稿日期: 2019-02-01

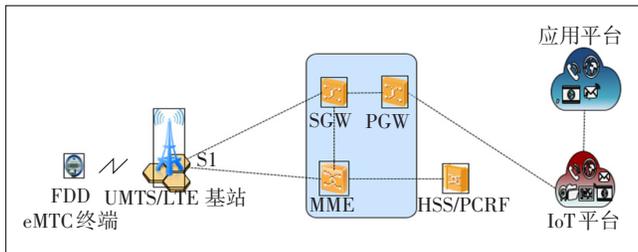


图1 端到端系统架构

## 1.2 物理层结构

eMTC下行物理层结构与LTE相比,新增一套SIB消息和MPDCCH信道,减少PDCCH、PCFICH和PHICH下行信道。

FDD eMTC上行物理层结构与LTE相比,不共享PRACH和PUCCH信道资源。

## 1.3 覆盖增强

为了兼顾FDD eMTC UE的覆盖深度和容量性能,3GPP协议引入了覆盖增强等级(CE——Coverage Enhancement),如表1所示。

表1 eMTC覆盖增强模式

覆盖增强模式	覆盖增强模式 A (CE ModeA)	覆盖增强模式 B (CE ModeB)
空闲态的覆盖等级	CE Level0, CE Level1	CE Level2, CE Level3
重复传输次数	不重复或者少量重复(≤32)	大量重复(≤2048)
上行功控	支持	不支持(始终以最大功率发射)
CSI/CQI	支持	不支持
SRS	支持	不支持

a) 对于空闲态划分了4个不同的覆盖等级(CE Level0~3),4个覆盖等级分别相对于LTE的覆盖增强0 dB、5 dB、10 dB和15 dB。空闲态FDD eMTC UE可以根据实际测量的RSRP选择覆盖等级,不同覆盖等级对应的RSRP门限可以通过参数设置。

b) 对于连接态划分了CE Mode A和CE Mode B 2个覆盖模式,空闲态的覆盖等级与连接态的覆盖模式之间有对应的映射关系。

## 1.4 eDRX省电机制

3GPP R13引入空闲态eDRX的差异处理,该特性通过扩展空闲态的寻呼周期,减少终端监听寻呼消息的时长进而节省终端功耗,延长待机和续航时间,提升用户体验。

## 1.5 调度策略

eMTC会占用LTE的RB资源,在不同的场景下资

源调度也会有所不同。

场景1:LTE负荷高,eMTC无负荷。在此场景下,LTE可占用全部eMTC的空闲资源,保证LTE的资源利用率。

场景2:LTE负荷轻,eMTC负荷重。在此场景下,FDD eMTC可以占用大部分带宽。

场景3:LTE和eMTC负荷都重。在此场景下,可以按照设置的目标RB利用率,共享资源。

在对应的小区带宽内,eMTC UE采用动态的资源分配方式,不需要再重新配置Narrow Band。eMTC商用后,该机制可保证eMTC部署对LTE容量的影响可控。

## 1.6 VoLTE技术

根据协议规定,eMTC支持语音功能,这就使家庭警报、火灾警报、手表等应用更加方便进行“人物交互”,进一步提升用户体验。

## 1.7 移动性

eMTC与NB-IoT相比,支持不同小区间切换,移动性能大大增强,更加适合在穿戴类产品使用。

## 1.8 峰值速率

NB-IoT目前仅支持最大200 kbit/s速率,eMTC最大支持1 Mbit/s速率,后续多载波应用后可达4/7 Mbit/s。eMTC提供更高的数据速率,在工业大数据包处理方面更加具有优势。

## 2 eMTC关键技术研究及实践

### 2.1 选网方案分析

由于窄带物联网技术及业务类型与传统LTE系统差异较大,在未来网络演进中,运营商希望能按照核心网“人物分离”原则,把NB-IoT和eMTC路由至物联网专网,以便于集中运维管理,目前有3种方案。

a) Decore方案:通过升级现网所有eNodeB、MME、HSS,将多种不同类型业务路由至不同专用核心网。MME根据开户信息“UE Usage Type”给用户分配DCN,eNodeB根据MME提供的DCN信息为UE选择接入MME。这种方案的缺点是需要改造所有现网设备,成本较高。

b) PLMN选网方案:在基站侧配置不同PLMN,开启ransharing功能,可将eMTC业务路由至不同专用核心网。该方案的缺点是基站和核心网配置复杂。

c) 私有方案:在eMTC终端接入网络时,通过PRACH区分eMTC终端并选择独立的IoT核心网。该

方案的优点是不需要升级网元,即可满足人物分离;该方案的缺点主要有以下2点:一是部分基站设备厂家不支持非标协议;二是由于未来LTE支持覆盖增强功能,LTE和eMTC PRACH资源相同无法区分,LTE可能会误选至物联网核心网。

## 2.2 速率的分析及实践

eMTC在速率上比NB-IoT更具有优势,更适用于电梯广告等大数据包业务。影响eMTC速率的原因有很多,包括模组的双工模式、覆盖情况、覆盖增强等级等。通过以下实践探索影响eMTC上下行吞吐率的原因。

首先搭建eMTC和LTE共站部署环境,然后将eMTC终端分别置于好、中、差点,发送UDP业务(持续大包业务),每个测试点持续发送3~5 min,记录SINR、RSRP以及不同点位速率等参数,结果如表2和表3所示。

表2 单用户定点上行速率测试

制式	eMTC					LTE
	峰值点	好点	中点	差点	极差点	极差点
RSRP/dBm	-50.26	-59.68	-105.41	-120.43	-133.07	-128.46
SINR/dB	29.91	29.20	10.80	-0.31	-4.82	-6.01
速率/(kbit/s)	256	256	253	110	10	无法接入
MPDCCH重复次数	1	1	1	1	2	-
PUSCH重复次数	1	1	1	1	5	-
PUCCH重复次数	1	1	1	1	7	-
PRACH重复次数	0	0	0	0	6	-

表3 单用户定点下行速率测试

制式	eMTC					LTE
	峰值点	好点	中点	差点	极差点	极差点
RSRP/dBm	-50.63	-58.93	-98.71	-120.19	-133.49	-128.96
SINR/dB	29.88	29.76	10.93	-0.93	-4.23	-6.98
速率/(kbit/s)	256	235	225	91	5	临界点
MPDCCH重复次数	1	1	1	1	2	-
PUSCH重复次数	1	1	1	1	8	-
PUCCH重复次数	1	1	1	1	6	-
PRACH重复次数	0	0	0	0	6	-

结论如下:

a) 峰值速率分析:eMTC终端为半双工模式,因测试卡限速至256 kbit/s,上下行峰值速率均可达到理论值256 kbit/s。

b) 上下行速率分析:eMTC终端好点和中点速率变化不大;差点位置受RSRP/SINR影响,速率有所下

降。这说明在覆盖较差情况下信号强度和质量对速率影响较大。

c) 覆盖分析:eMTC终端在差点位置触发覆盖增强等级1门限,信道重复次数抬升,eMTC终端在-133电平仍可接入,而此时LTE终端在-128左右的电平下已无法接入,在覆盖边缘位置,eMTC UE对比LTE UE有5 dB的覆盖增益。

## 2.3 移动性分析及实践

eMTC技术是在LTE基础上进行优化设计,可支持连接态小区切换,这是NB-IoT所不具备的。影响eMTC移动性的原因有很多,包括切换的时延、切换成功率、不同移动速度等。通过以下实验探索影响eMTC移动性的原因。

在密集城区开通25个基站,共计91个小区,测试车以30 km/h及60 km/h速度匀速从起点出发,按照事先选择的行驶路线,遍历交通干道、次干道、主要支路,考察全网覆盖的连续性及切换测试。记录切换时延、RSRP、SINR、不同移动速度下的速率,实验结果如表4和表5所示。

表4 UE切换指标

切换请求次数	切换成功次数	切换成功率/%	切换最小时延/ms	切换最大时延/ms	切换平均时延/ms	RSRP/dBm	SINR/dB
35	35	100	26	46	35	-74.23	9.67

表5 不同移动速度对性能影响

移动速度/(km/h)	Ping包最小时延/ms	Ping包最大时延/ms	Ping包平均时延/ms	Ping包成功率/%	上行速率/(kbit/s)	下行速率/(kbit/s)
30	76	173	112	100	256	234
60	77	218	116	100	256	233

结论如下:

a) 测试区域道路信号覆盖连续性良好,切换成功率100%,切换时延较低,平均切换时延35 ms,小区间切换较为顺畅,可支撑后续的移动性业务需求。

b) 在不同移动速度下(30 km/h及60 km/h),Ping包时延变化幅度较小,Ping包成功率均为100%,说明上下行速率在不同移动速度下也无明显变化。

## 2.4 eMTC与LTE共存影响测试

eMTC和LTE共享RB资源,需验证eMTC与LTE共存是否对LTE有影响。分别关闭和开启eMTC,2个LTE终端与2个eMTC终端分别在好点和差点接入测试,考察eMTC与LTE共存时,用户峰值速率以及不同

覆盖等级下的定点速率性能,实验结果如表6和表7所示。

表6 关闭eMTC特性验证

测试点	测试终端	RSRP/dBm	SINR/dB	上行速率/(kbit/s)	下行速率/(kbit/s)
好点	LTE终端1	-73.36	30.75	2 120	13 534
差点	LTE终端2	-123.04	-1.80	600	2 229

表7 打开eMTC特性验证

测试点	测试终端	RSRP/dBm	SINR/dB	上行速率/(kbit/s)	下行速率/(kbit/s)
好点	LTE终端1	-71.86	33.58	1 850	11 812
差点	LTE终端2	-124.76	-1.81	556	2 020
好点	eMTC终端1	-68.84	28.86	256	236
差点	eMTC终端2	-120.89	-1.88	50	37

结论:eMTC特性开通后,LTE终端与eMTC终端共享RB资源,eMTC终端的接入会增加SIB消息、业务开销,导致LTE终端的RB资源减少,上下行吞吐率降低。

### 2.5 单站覆盖能力测试

eMTC具有覆盖增强的特性,覆盖距离更远,可能跟覆盖等级有关。选择一个主测小区,周围小区关闭,沿小区天线阵列法线方向选择一条直且长的路线。测试eMTC与LTE终端在1800M LTE&eMTC共部署小区下,在选定测试路线行驶至脱网,对比1800M eMTC与1800M LTE的极限覆盖能力。实验结果如表8所示。

表8 LTE和eMTC极限覆盖能力

制式	接入最低RSRP/dBm	接入最低SINR/dB	接入最大MCL/dB
1800M LTE	-128.69	-6.81	143.89
1800M eMTC	-133.65	-6.43	148.85

结论:在eMTC ModeA模式下(映射覆盖等级1),1800M eMTC相对1800M LTE覆盖增益5 dB,最大接入MCL 148 dB左右,单站拉远场景下,eMTC小区的覆盖半径与覆盖等级有关。

### 2.6 空闲态小区重选时延及成功率分析

后续eMTC网络商用情况下,为了达到节能效果,终端将长期处于空闲状态。因此需要验证eMTC在空闲态小区的重选时延及成功率是否可以达到预商用网络的要求。

在密集城区开通25个基站,共计91个小区。开通1:1组网测试路线,终端进入IDLE态进行道路遍历

测试,重选次数不少于50次。实验结果如表9所示。

表9 eMTC空闲态重选指标

终端	RSRP/dBm	下行SINR/dB	重选成功率/%	重选次数	重选时延/ms
eMTC终端1	-73.70	7.86	100	61	69.47
eMTC终端2	-74.73	6.77	100	66	63.12

结论:eMTC终端1、2互为对比,测试区域道路信号覆盖良好,重选成功率100%,且重选时延较低,63~69 ms,符合预期商用指标。

### 2.7 典型场景定点覆盖对比

eMTC属于典型物联网技术,其主要技术特点是将物品通过通信技术与网络连接,从而实现人机互连、物物互连的智能化网络。通过定点覆盖情况来探索eMTC在物联网场景下是否满足业务需求。分别在智能家居写字楼场景以及地下车库深度覆盖场景进行测试,结论如下。

a) 写字楼场景下,主要对高、中、低层的楼道进行了遍历测试,基站主服务小区基本可以覆盖楼道内的弱电井、消防栓等关键位置,满足业务需求。

b) 地下车库深度覆盖场景下,抽测的地下车库位于小区近点位置,-1楼信号覆盖基本可满足业务需求;-2楼位置明显有覆盖空洞,LTE无法接入,但eMTC终端可随机接入RSRP不低于-130 dBm的信号,边缘覆盖能力要比LTE强4~5 dB,满足物联网场景需求。

## 3 eMTC组网典型问题分析及建议

此次eMTC组网试验项目是全国第一个大规模外场测试,在项目研究开展过程中遇到了选网、附着、限速等技术问题,无法参考借鉴别人的经验,只能通过自主分析研究,攻克一个个难题,现简要列举项目中遇到的问题和解决方案。

### 3.1 终端附着失败

现象:终端无法正常附着核心网,如图2所示。

原因:APN设置错误、460\_06的CMS解析失败。

解决方案:终端侧需修改APN为“NB-IoT”;在核心网侧,在MME添加460\_06的CMS解析。

### 3.2 Ran sharing功能不生效

现象:基站侧开通RAN Sharing后,出现S1链路异常告警,MIB消息无法同时广播460\_01与460\_06 2条PLMN,如图3所示。

原因:核心网侧参数设置错误。

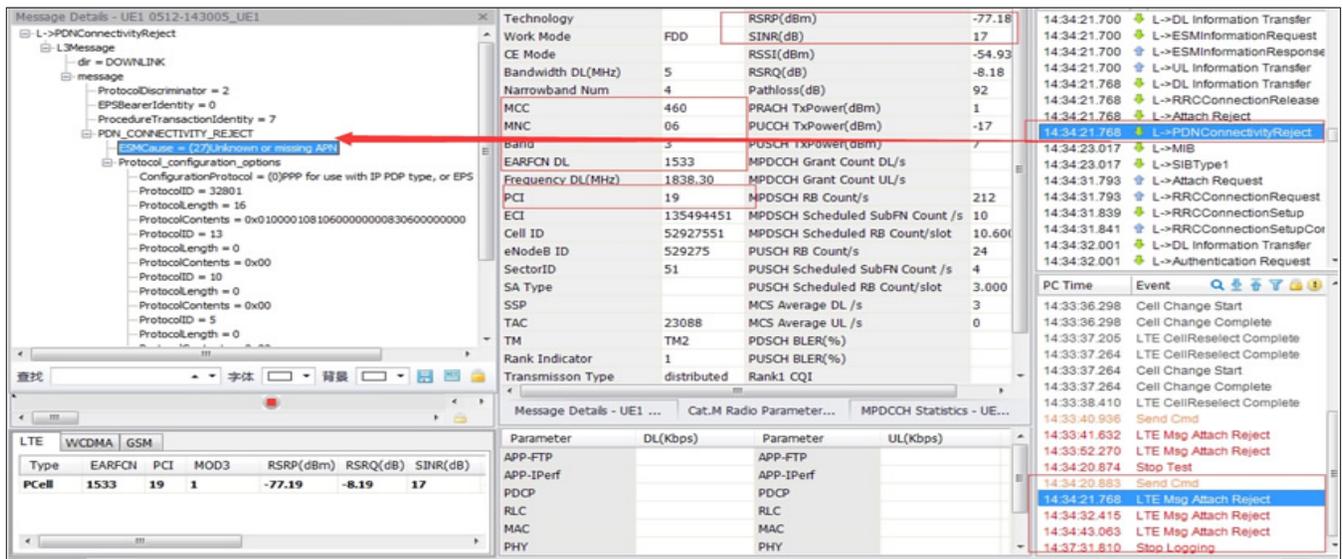


图2 附着核心网被拒绝

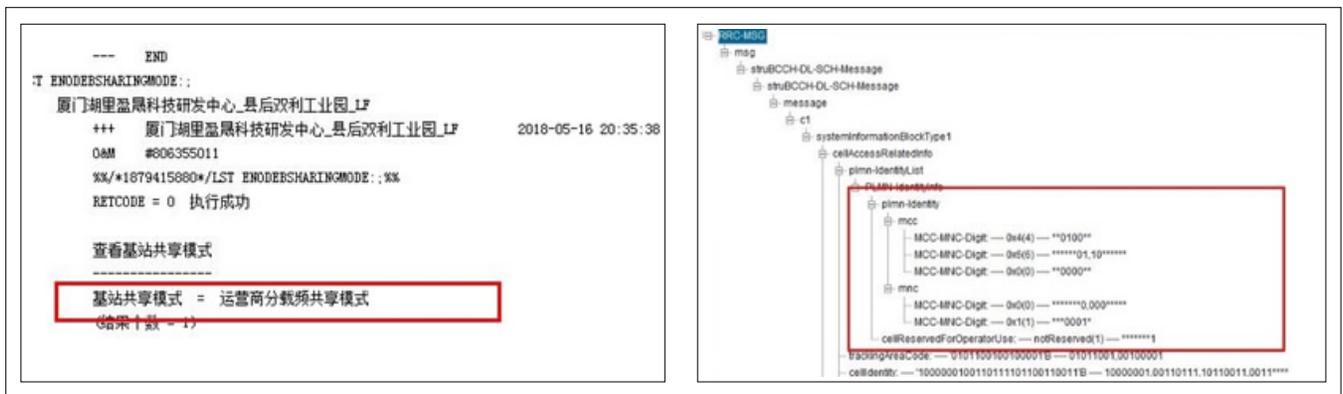


图3 功能开启后无法正常广播PLMN

解决方案:核心网侧的MME需要分别添加460\_01/460\_06 2条HPLMN,同时需要打开Network Share (MOCN)的License开关。

### 3.3 A2事件无法触发

现象:A2事件不触发,无法下发A3测量,无法切换移动性测试终端。

原因:A2触发门限为-104 dB,现网路段覆盖良好,无法触发A2门限。

解决方案:将A2门限设置为-85 dB,A3测量可正常下发,终端切换正常。

### 3.4 问题小区重选失败

现象:问题站点小区重选失败。

原因:小区重选优先级设置过低。

解决方案:将涉及的问题小区优先级修改为最大值7后,小区重选正常(见图4)。

### 3.5 选网方案建议

选网方案的选择对eMTC的规划有着重大的意义,有些NB+eMTC双模模组在不明确PLMN的情况下便无法接入网络。试验环境中LTE的PLMN是46001,NB-IoT的PLMN也是46001,eMTC规划的PLMN是46006。LTE和eMTC共小区,基站开启RAN Sharing功能,配置主46001和从46006。通过PLMN的不同选择,基站侧将LTE终端路由至传统核心网,同时将eMTC路由至物联网专网核心网。现场测试结果发现,由于NB+eMTC双模模组不区分LTE和eMTC,因此可能会出现eMTC接入失败的情况。

PLMN选网方案中基站和核心网配置复杂,且NB+eMTC双模模组无法区分,后续无法正式商用;私有方案属于非标协议正式商用无法满足。建议直接升级现网核心网设备,即使用Decore方案。

### 3.6 频率规划建议

频率规划建议如图5所示。

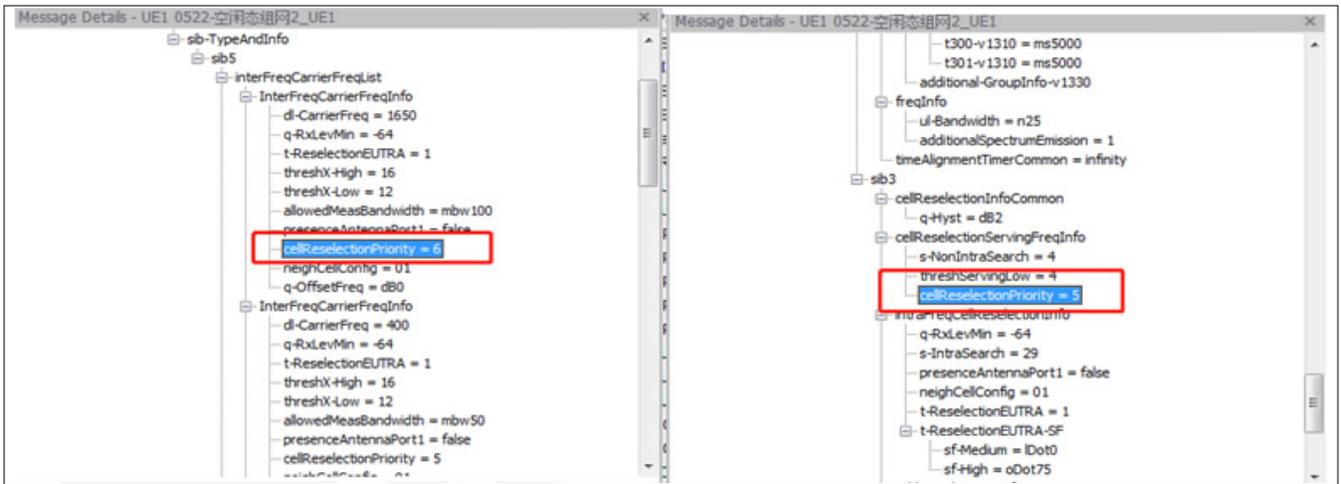


图4 修改小区重选优先级

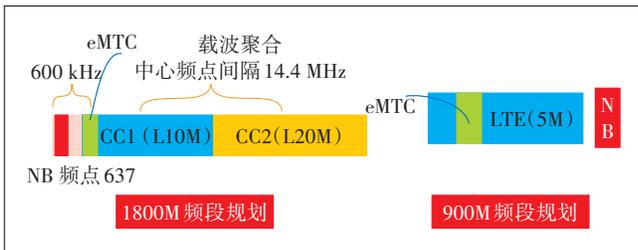


图5 频率使用建议

### 3.6.1 1800M 带宽频率规划(30M)

若 1800M 频段将 2 个载波 (20M+10M) 中心频点间隔压缩至 14.4 MHz, 将会预留出 600 kHz 带宽。

NB-IoT: 在原 G1800 637 号频点部署, 同时预留 200 kHz(638 频点位置) 保护带。

eMTC: 在 LTE 的 10M 载频开启 eMTC 功能即可, 可快速部署。

### 3.6.2 900M 带宽频率规划(6M)

NB-IoT: 在原 G900 124 号频点部署, 同时预留 200 kHz(123 号频点位置) 保护带。

eMTC: 建议在 LTE 5M 带宽 (未来可能 10M) 开启 eMTC 功能。

## 4 结束语

eMTC 支持语音业务, 特别适用于紧急呼叫、报警、汽车紧急求救等情况, 此外 eMTC 速率更高, 适合高速移动的环境, 包括穿戴类、健康监测、智能物流、电子广告牌等。业务前景广阔, 符合市场预期需求。

部署 eMTC 成本较低, eMTC 作为 LTE 的一个特性, 可以通过软件升级实现平滑演进, 不需要增加光纤、基带板卡等硬件, 在现网即可快速部署。

此次厦门 eMTC 项目是全国第 1 个大规模外场测试, 验证、优化各项参数性能指标, 通过自主分析研究, 攻克了一个个难题, 可为后续的部署应用提供经验, 同时对 eMTC 的全国商用提供数据支撑。

### 参考文献:

- [1] Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD): 3GPP TS 25.211 [S/OL]. [2018-11-30]. <ftp://3gpp.org/Specs/>.
- [2] UE Radio Access capabilities: 3GPP TS 25.306[S/OL]. [2018-11-30]. <ftp://3gpp.org/Specs/>.
- [3] Medium Access Control (MAC) protocol specification: 3GPP TS 36.321[S/OL]. [2018-11-30]. <ftp://3gpp.org/Specs/>.
- [4] RRC Protocol Specification: 3GPP TS 36.331 [S/OL]. [2018-11-30]. <ftp://3gpp.org/Specs/>.
- [5] S1 Application Protocol: 3GPP TS 36.413 [S/OL]. [2018-11-30]. <ftp://3gpp.org/Specs/>.
- [6] 邓安达, 程日涛, 王韬, 等. 蜂窝物联网规划体系与部署策略研究[J]. 移动通信, 2017, 41(18): 16-23.
- [7] 秘俊杰, 王超, 卢凤晖, 等. 蜂窝物联网无线网络规划建设[J]. 电信科学, 2018(S1): 98-103.
- [8] 黄海峰. 大唐移动专家详解 eMTC: 优势显著与 NB-IoT 互补发展关键在网络[J]. 通信世界, 2017(29): 53-53.
- [9] 龙罡, 江涛, 龚振宇, 等. 工厂智能制造及物联网系统的规划设计研究[J]. 中国设备工程, 2018(7): 206-207.
- [10] 董磊. 关于物联网应用实践及信息通信技术的思考[J]. 数字技术与应用, 2018, 36(5): 229, 231.

### 作者简介:

蔡淇楷, 工程师, 学士, 主要从事新技术研究试点和网络优化、建设工作; 黄必鑫, 高级工程师, 硕士, 主要从事网络建设、维护、优化等管理工作; 赵元, 工程师, 硕士, 主要从事物联网产品研发工作; 卢丽文, 工程师, 硕士, 主要从事室内分布系统建设管理和新技术试点工作。