



LTE 基站能效测试与分析

李韶英¹, 庄湛海¹, 倪伟彬²

(1. 中国电信股份有限公司广东研究院 广州 510630; 2. 广州因孚网络科技有限公司 广州 510635)

摘要:随着 LTE 网络建设的深入, LTE 基站数量不断增加, 用户数与网络流量快速增长, 网络能耗问题越发突出, 由于无线接入网能耗占移动通信系统能耗的 80% 以上, 其中基站能耗占比最大, 基站的功耗成本成为运营商最主要的运营支出费用之一。然而目前缺乏有效的 LTE 设备能耗测试方法与测试数据, 无法为运营商的节能减排工作提供指导, 降低运营成本。针对该问题, 建立了基站动态负荷能效模型, 通过对 LTE 基站设备进行能耗测试与分析, 掌握影响 LTE 基站主设备能效的因素, 比较了不同网络、不同制式基站设备的能效, 从节能的角度为 LTE 规划、采购、建设、优化提供建议。

关键词: LTE 基站; 能效测试; 能耗模型

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.09.022

Testing and Analysis on LTE Base Station Energy Efficiency

Li Shaoying¹, Zhuang Zhanhai¹, Ni Weibin²

(1. Guangdong Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China;

2. Guangzhou Yinfu Network Technology Co., Ltd., Guangzhou 510635, China)

Abstract: With the development of LTE network construction, the number of LTE base stations, users and the network traffic are increasing, and energy consumption of network is more prominent, due to the wireless access network energy consumption accounts for over 80% of energy consumption, wherein the base station energy costs accounted for the largest base of operations to become one of the most important expenses for operators. However, there is a lack of effective energy LTE device test methods and test data. To solve this problem, a base model for dynamic load energy consumption was established. According to the energy consumption testing and analysis of LTE base station equipment, control factors that affect the energy efficiency of LTE devices were introduced, different formats and different power station energy efficiency of equipment were compared, and suggestions for planning, procurement, construction, optimization were offered from the energy point of view.

Key words: LTE base station, energy efficiency testing, energy consumption model

1 引言

“十二五”时期,我国仍处于重要战略发展机遇期,能源问题逐渐成为制约经济发展的主要问题。党的十八大将生态文明建设写入党章,要求大力推进生态文明建设。国务院发布《循环经济发展战略及近期行动计划》,要求通信

服务业构建循环型服务业体系。

中国电信作为我国三大移动运营商之一,一直积极推进节能减排工作,对内通过多种举措实现节能降耗,对外与多方协同实现节能减排,双管齐下的举措让中国电信在“十一五”期间,网络规模增加 4~9 倍,但能耗控制只增长了 1 倍,单位信息能耗下降 50%。然而,随着移动互联网的



发展,移动用户数量呈现指数级增长,基站数量不断增加,特别是LTE的部署建设导致能耗问题日益突出,运营成本高,缺乏准确的基站能效数据,无法从节能方面为运营商的LTE规划、采购、建设等提供有效的指导。

目前业界主要采用Earth组织提供的线性能耗模型,模型简单,只需确定最大和最小输出功率对应的基站总能耗,但不能全面反映基站的实际能耗,具有片面性。本文结合现网实际情况,分析了影响LTE基站主设备能效的因素,通过建立基站动态负荷能效模型,引入不同负荷下基站能效的评估方法,解决了现有模型中只简单考虑最大、最小输出功率所对应的能效问题。此外,在3GPP协议里对能耗的测试提供的是ETM_3.1测试方法,通过射频输出的功率控制模拟网络的负荷,为了更真实地模拟网络的实际负荷,还利用OCNG测试方法,并与ETM_3.1测试结果进行对比,全面评估不同制式、不同配置的基站主设备的能效,为通信运营商在LTE基站的规划建设提供节能降耗方面的参考和依据。

2 LTE 基站能耗测试方案及能效定义

2.1 LTE 基站能效测试方法

3GPP规范对于能耗测试提供的是ETM_3.1测试方法,通过调整射频输出功率模拟网络负荷的变化,这也是业界常用的方法。虽然射频部分在总能耗中的占比最高,但从严格意义上说,未能充分反映网络负荷变化对设备能耗的影响。在测试中综合OCNG和ETM_3.1两种测试方法,充分考虑运营商设备的特点,结合网络实际运营情况,从而更加全面准确地反映设备的能效水平。

- ETM_3.1加载方式:调整射频输出功率占比。采用64QAM调制方式加载模拟数据,调整射频输出功率,如在低负荷情况下,将发射功率降为额定功率的10%。
- OCNG加载方式:调整加扰小区的下行PRB占比。采用QPSK调制方式加载模拟数据,如低负荷情况下,对下行加载10%,即在某一时刻,加扰小区将有10%的下行PRB被占用,用于发射虚拟数据。

对于ETM_3.1测试,主要以不同的发射功率测试对应的能耗,而在现网中,发射功率基本是不变的;OCNG是以PRB的加载数占比测试对应的能耗,符合现网中网络的负荷变化,能够更加真实地反映能耗水平。本次测试以OCNG测试为主,ETM_3.1测试作为参考方式。

2.2 LTE 基站的参考配置

LTE基站的参考配置如下。

- 参考站型:S1/1/1(每扇区配置1个载频)配置基站载频,3个扇区同时开启进行测试,同时在射频端外接频谱仪观察射频指标的变化(如杂散、EVM、ACLR等)。
- 分布式基站采用星型连接。
- TDD上下行业务时隙配置比为3:6,特殊子帧配比为11:1:2。

对于FDD-LTE与TDD-LTE的测试,采用ETM_3.1与OCNG加载测试方式,在测试时需要注意频点的不同设置以及TDD的上下行时隙配置,其余的按照默认的配置。

2.3 LTE 基站的动态负荷能效模型

LTE基站的动态负荷能效模型参考了工业和信息化部发布的《移动通信设备节能参数和测试方法_基站国际报批稿》中的能效模型,并加入了空载与满负荷两个测试项目,具体参数见表1。

2.4 LTE 基站测试组网方案

本次测试的基站主设备有集中式和分布式两种,集中式基站测试组网结构如图1所示,输入测试点位于基站输入电源处,用于测试输入基站功耗,输出测试点在基站机顶输出功率处,用于测试输出基站功耗。

分布式基站测试组网结构如图2所示,需要测试BBU与RRU的输入功率,BBU输入功率测试点位于BBU输入电源处,用于测试BBU输入功耗,RRU输入功率测试点位于RRU输入电源处,用于测试RRU输入功耗;输出测试点位于RRU的机顶输出功率处,用于测试RRU的输出功耗。

2.5 LTE 基站能效计算式

参照参考文献[1],移动基站某站型节能参数的计算方法如下:

表1 LTE 基站的动态负荷能效模型

参数	空载	闲时负荷	中等负荷	忙时负荷	满负荷
S1/1/1	下行不加载业务,测试空载时的功耗	OCNG加载:PRB下行加载10%;ETM_3.1加载:额定功率的10%	OCNG加载:PRB下行加载40%;ETM_3.1加载:额定功率的40%	OCNG加载:PRB下行加载70%;ETM_3.1加载:额定功率的70%	OCNG加载:PRB下行加载100%;ETM_3.1加载:额定功率的100%

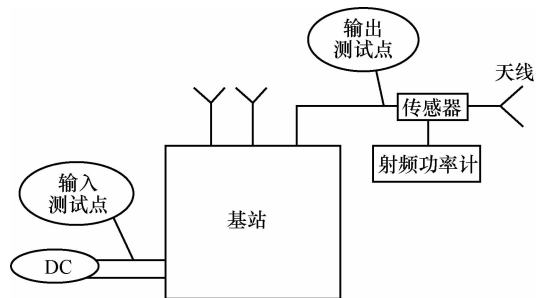


图 1 集中式基站测试组网

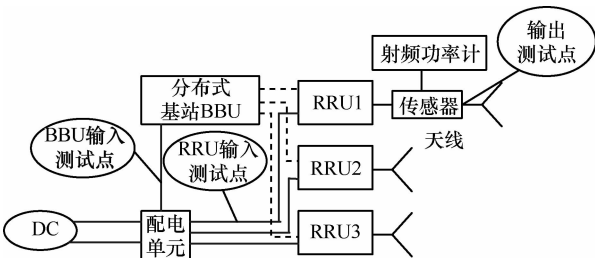


图 2 分布式基站测试组网

$$P_i = \frac{P_{oi}t_i + P_{om}t_m + P_{ob}t_b}{t_i + t_m + t_b} \tag{1}$$

其中, P_i 为基站平均输入功率, P_{oi} 为闲时输入功率, t_i 为闲时负荷时长 ($t_i=6$), P_{om} 为中等输入功率, t_m 为中等负荷时长 ($t_m=10$), P_{ob} 为忙时输入功率, t_b 为忙时负荷时长 ($t_b=8$)。

$$P_o = \frac{P_{oi}t_i + P_{om}t_m + P_{ob}t_b}{t_i + t_m + t_b} \tag{2}$$

其中, P_o 为基站平均输出功率, P_{oi} 为闲时输出功率, P_{om} 为中等输出功率, P_{ob} 为忙时输出功率。

$$E = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \tag{3}$$

其中, E 为移动基站的能效。
本次 LTE 基站的平均能效计算方法也采用此式。

3 LTE 基站能效测试结果与分析

3.1 LTE 基站能效测试结果

共组织 5 个厂商、14 款设备参与此次测试, 其中 FDD 设备 9 款, TDD 设备 5 款, 能效计算结果见表 2。

3.2 影响 LTE 基站能效的因素

如图 3 所示, LTE 基站主设备能耗主要由机柜能耗和载频能耗组成。机柜功耗主要由控制板、风扇等设备构成, 占主设备能耗的 10%; 载频功耗主要由功放、基带处理、电源、模拟电路等构成, 占主设备能耗的 90%, 是基站主设备能耗的主要组成部分, 其中以功放的能耗占比最高。因此, 降低基站主设备能耗、提高能效应主要从载频能耗入手, 采用新型功放设备与功放技术能够有效提高基站能效。

表 2 LTE 基站各站型能效

设备制式	LTE 基站	设备类型	额定功率/W	OCNG 能效 (满负荷)	ETM_3.1 能效 (满负荷)	OCNG 能效(平均)	ETM_3.1 能效 (平均)
FDD	设备 1	集中式	2×80	27.52%	27.06%	20.89%	20.86%
	设备 2	分布式	2×60	29.65%	30.08%	21.92%	21.94%
	设备 3		2×40	26.59%	26.14%	19.25%	19.00%
	设备 4	集中式	2×80	23.84%	26.60%	16.06%	19.82%
	设备 5	分布式	2×60	27.44%	27.06%	21.51%	20.16%
	设备 6	集中式	2×80	18.68%	/	12.31%	/
	设备 7	分布式	2×40	25.32%	25.46%	14.22%	13.26%
	设备 8		3×60	24.75%	25.33%	14.18%	17.00%
	设备 9		2×60	23.84%	25.74%	16.57%	16.91%
TDD	设备 10		8×25	39.79%	42.36%	27.20%	28.44%
	设备 11		2×50	33.81%	34.48%	26.34%	21.95%
	设备 12		2×40	30.13%	30.76%	18.78%	18.01%
	设备 13		8×10	28.90%	/	17.03%	/
	设备 14		8×10	29.09%	31.77%	16.75%	14.50%

注: 设备 6 与设备 13 不支持 ETM_3.1 测试, 因此无 ETM_3.1 数据。

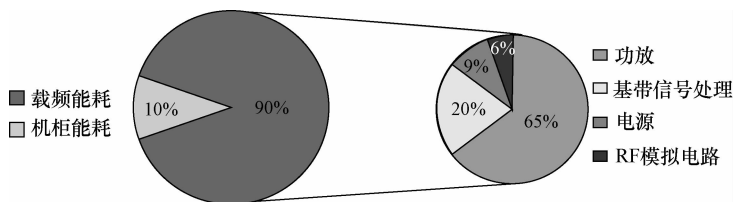


图3 基站主设备能耗

除此以外,影响基站能效的还包括工作频段、信号类型、杂散要求、载波配置等各种因素。

3.3 LTE 基站能效数据

3.3.1 FDD 基站设备能效

FDD 基站设备平均能效如图4所示。根据测试结果,FDD设备的平均能效为10%~22%,OCNG与ETM_3.1测试结果差异不大,同一厂商的同种基站类型,额定发射功率越高,平均能效越高。

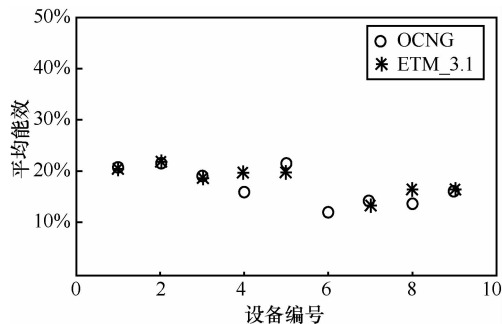


图4 FDD 基站设备平均能效

由图5可看出,FDD设备的满负荷能效为24%~30%。OCNG与ETM_3.1测试结果差异不大,同一厂商的同种基站类型,额定发射功率越高,满负荷能效越高。

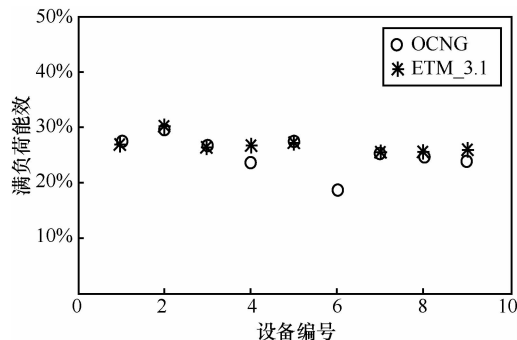


图5 FDD 设备满负荷能效

由图6可看出,FDD同一型号基站的能效随着业务量的上涨而提升,在满负荷时,能耗最大,但其能效也最高。

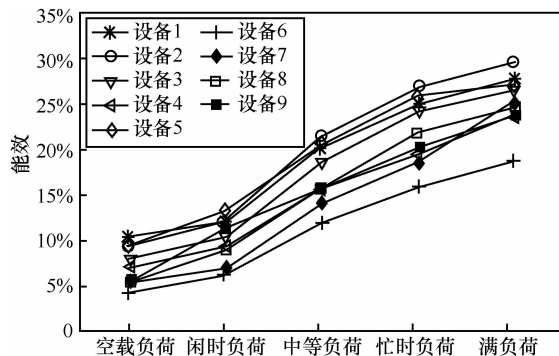


图6 FDD 设备不同负荷下的能效

3.3.2 TDD 基站设备能效

TDD 基站设备平均能效如图7所示。根据测试结果,TDD设备的平均能效为14%~25%,OCNG与ETM_3.1测试结果差异不大,额定发射功率越高,平均能效越高。

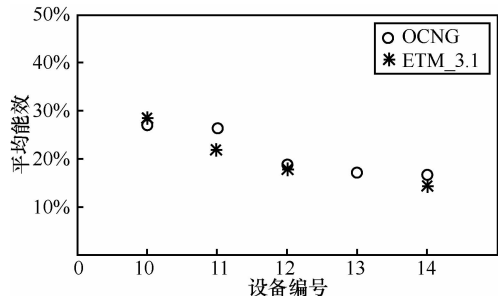


图7 TDD 设备平均能效

由图8可看出,满负荷能效范围为28%~42%,OCNG与ETM_3.1测试结果差异不大,相同厂商设备的额定功率

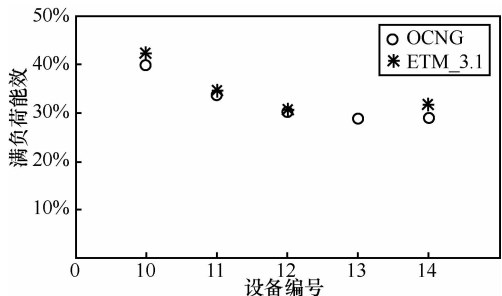


图8 TDD 设备满负荷能效

越高,满载能效越大。

由图 9 可以看出,TDD 同一型号基站的能效随着业务量的上涨而提升,在满负荷时,能耗最大,但其能效也最高。

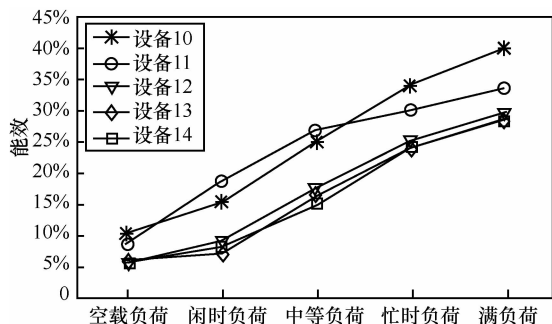


图 9 TDD 设备不同负荷下的能效

3.4 LTE 能效对比

3.4.1 FDD 与 TDD 基站能效对比

在额定功率相同的前提下,TDD 设备测试能效大于 FDD,但实际能效两者相当,原因是 FDD 的上下行是频分复用,各自独占不同频率,下行一直在发送数据;TDD 的上下行是时分复用,只在部分时刻发送下行数据,测试下行的输出,输入是按上下行平均功率(上行远小于下行消耗的功率)计算,故总输入功耗小于 FDD,因此 TDD 测试能效高于 FDD。FDD 与 TDD 平均能效对比如图 10 所示。

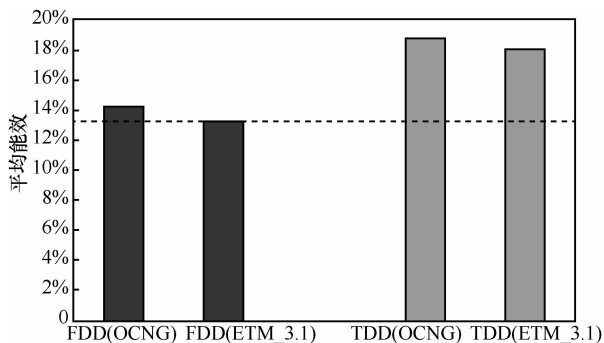


图 10 FDD 与 TDD 平均能效对比

3.4.2 BBU 与 RRU 对比

对分布式基站的 BBU 和 RRU 能耗测试进行分析,BBU 的能耗随负荷变化不明显,FDD 基本保持在 80~90 W,TDD 在 170~180 W;而 RRU 能耗随负荷变化明显,FDD 变动范围为 300~1 100 W,TDD 为 500~1 400 W,从闲时到满负荷基本呈线性变化关系,原因是 RRU 内的功放模块能耗占比高,并且随负荷变化明显,如图 11 和图 12 所示。

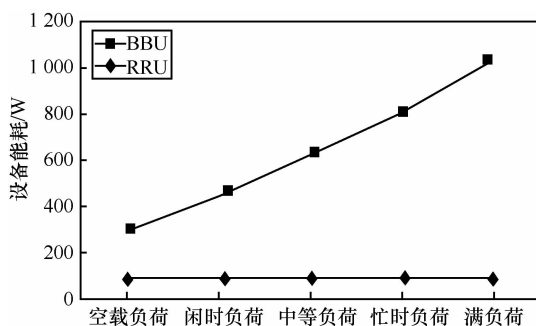


图 11 FDD 设备能耗

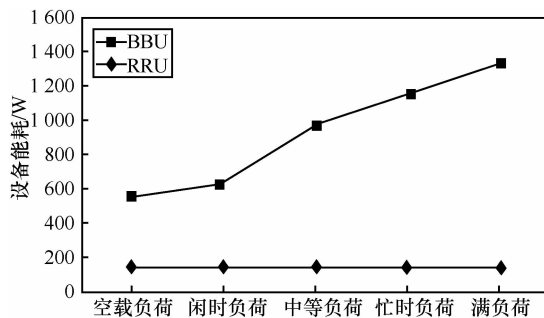


图 12 TDD 设备能耗

3.4.3 不同网络设备能效对比

根据测试数据,LTE 的能效高于 CDMA 和 GSM 网络,主要是设备能效除与频段、载频数以及额定功率相关外,也与设备制式、功放模块技术相关。随着技术的进步,LTE 的能效会进一步提高。不同制式满功率的能效对比如图 13 所示。

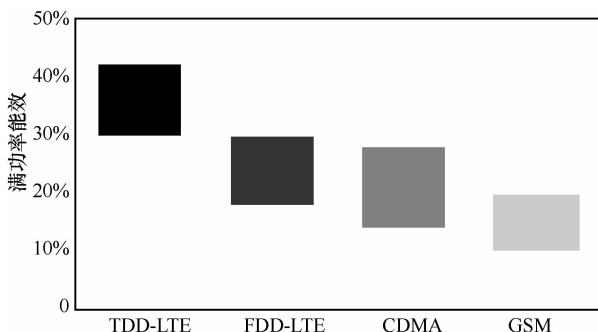


图 13 不同制式满功率能效对比

4 结束语

针对现网 LTE 基站缺乏有效能效数据的问题,通过建立基站动态能耗模型,结合两种能效测试方法,对多款 LTE 基站主设备进行能效测试,分析了影响基站能效的因素,比较了不同制式、不同网络之间的能效,为通信运营商在 LTE 基站规划选型等方面提供节能降耗方面的参考和

(下转第 158 页)



购买、能力应用发布与管理、能力商品绑定等功能。提供能力全生命周期管理功能,包括能力注册、能力发布、能力暂停、能力升级、能力注销等。重点实现能力的规范化接入、产品化管理和订购签约管理功能。对能力商品的销售、使用计费、使用记录进行管理,并根据商务合作模式的不同,提供面向不同用户对象的结算、对账等核心业务支撑服务。该模块同时也是能力聚合网关的业务支撑,与能力网关一起联动提供各类能力服务的鉴权。

6 结束语

从发展历程来看,电信运营商业网络曾经在特定的历史阶段发挥过巨大的作用,运营商围绕业务网络构建了以自身为核心的业务生态系统。从发展趋势来看,互联网在商业模式和技术架构上都深刻影响着各行各业,尤其是传统电信运营商。产业变革和技术发展要求电信运营商的业务网络在商业模式上满足多边平台的要求,同时从现有业务网络逐步升级过渡到符合互联网技术发展趋势的新型平台架构。目前运营商已经基本完成基于基础资源层面的业务网络迁移改造,但是软件定义层的架构设计和改造还处于起步阶段,这将是后期电信业务网络改造的重点。在下一阶段运营商必须配合转型工作的深入开展,围绕软件定义层在业务网络建设模式、管理机制和人才培养上采取更多具体举措,推进业务网络向新型架构的多边平台演进。

(上接第 153 页)

依据,帮助运营商合理制定 LTE 基站的节能减排措施,减少网络运营的耗电量,降低成本支出,提高经济效益。

参考文献

- 1 中国通信标准化协会. 移动通信设备节能参数和测试方法 _ 基站国标报批稿, 2009

[作者简介]



李韶英,女,中国电信股份有限公司广东研究院工程师,主要研究方向为无线网络及节能减排技术。



庄湛海,男,中国电信股份有限公司广东研究院高级工程师,主要研究方向为业务网络、核心网络、接入及节能减排技术。



倪伟彬,男,现就职于广州因孚网络科技有限公司,主要从事通信网络节能减排方面的研究工作。

参考文献

- 1 子柳. 淘宝技术这十年. 北京: 电子工业出版社, 2013
- 2 陈威如, 余卓轩. 平台战略: 正在席卷全球的商业模式革命. 北京: 中信出版社, 2013
- 3 Cloudify guide. <http://www.cloudifysource.org/guide/>, 2014
- 4 Cloudify+开源云计算部署工具. Gigaspaces, 2011

[作者简介]



陆钢,男,中国电信股份有限公司广东研究院高级工程师,主要从事电信业务平台、云计算及终端新技术研究工作。

王哲,女,博士,中国电信股份有限公司广东分公司高级工程师,主要从事电信宽带、业务及核心网网络规划建设管理工作。

区洪辉,男,中国电信股份有限公司广东分公司高级工程师,主要从事电信业务平台和云计算、SDN 等新兴技术的规划、研究与相关项目的实施管理工作。

王晖,男,博士,广东省电信规划设计院有限公司高级工程师,主要从事电信业务平台规划设计与研究工作。

(收稿日期:2014-08-04)

(收稿日期:2014-03-03)