



FTTH 建设项目能耗评估方法与模型研究

庄湛海¹, 蒋 燕²

(1. 中国电信股份有限公司广东研究院 广州 510630; 2. 广州优亿信息科技有限公司 广州 510630)

摘要

FTTH 已成为运营商“最后一公里”的主流接入方案,随着 FTTH 的规模发展,接入网的能耗需重点关注,但针对 FTTH 网络的能耗评估仍缺乏有效的手段。本文通过对 FTTH 建设项目能耗影响因素的研究和分析,建立了 FTTH 网络能耗模型,实现了 FTTH 网络能耗状况的可视化呈现及评估,为运营商 FTTH 网络实现节能减排提供建议和参考。

关键词 FTTH 网络;能耗评估;能耗模型

1 前言

随着经济的发展,能源问题日趋紧张。一方面,能源消耗带来的排放导致环境、气候等发生变化;另一方面,能源价格日趋上涨,给各行业带来成本的压力,因此节能减排成为当前一个重要的问题。我国在《“十一五”规划纲要》中提出节能减排的重要目标,并作为考核各级政府工作成绩的重要指标,国内各通信运营商也开始重视节能减排相关工作。

研究表明,接入网的能耗占整个通信网络能耗的比重很大,是通信网节能减排的重点之一。随着我国宽带业务的发展,FTTH 已逐渐成为接入层网络的目标接入方式。经过几年的发展,FTTH 网络逐渐庞大,能耗占有率也越来越高,但现网中的能耗分布情况始终没有得到详细的统计和分析,本文通过对 FTTH 建设项目能耗影响因素的研究和分析,建立了 FTTH 网络能耗模型,直观体现 FTTH 网络的能耗状况并进行分析,可为运营商实施节能降耗提供参考。

2 FTTH 建设项目能耗影响因素与能效评估

2.1 能耗影响因素

FTTH 建设项目中的网络能耗主要包括 OLT 和 ONT 设备能耗以及放置 OLT 的机房所涉及的电源转换、空调等基础设施的能耗,其能耗影响因素如图 1 所示。

OLT 正常运作的能耗包括两个方面:一是设备传送业务,即正常工作的设备能耗,另一个是为保证 OLT 正常工

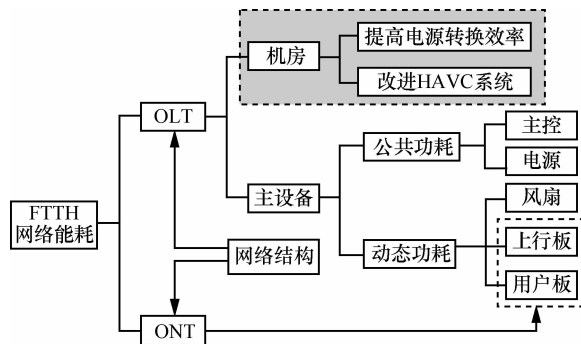


图 1 FTTH 建设项目能耗影响因素



作带来的机房制冷、照明等能耗,本文重点研究主设备能耗。此外,网络结构也会对设备运作能耗产生一定的影响,主要表现在 OLT 的布局、覆盖用户的模型和实装率上,在后文的讨论中,网络结构对能耗的影响会体现在 OLT 和 ONT 能耗的计算中。

OLT 设备能耗主要由公共模块能耗和用户模块能耗构成。公共模块包括主控单元、风扇单元和上行板卡,由于大多数设备均配置单独的电源单元,因此,将电源单元归入公共模块。在这些公共模块中,主控单元和电源单元的功耗相对稳定,在设备配置和工作温度确定后基本不变;风扇单元设置为自动模式时,随着温度的变化可自动调换挡位,从而引起功耗变化;上行板卡的功耗区别主要在于是上行 GE 板卡还是上行 10 GE 板卡,一般来说,10 GE 板卡的功耗高于 GE 板卡的功耗,选用何种带宽的板卡受不同的平均分配带宽和 ONT 的数量影响。用户模块是指下行的 PON 板卡,包括 EPON 业务板和 GPON 业务板,这些板卡只要 PON 口下挂一个 ONT 就必须正常运转,消耗电能。研究表明,目前 OLT 设备单个 PON 口下挂的 ONT 数量对 PON 口的功耗影响不大,ONT 数量对功耗的影响主要表现在对 PON 口数量的影响上,从而对设备功耗产生影响;业务流量也会对功耗产生一定的影响,但这种影响可以控制在很小的范围内,因此计算功耗时可忽略。因此,OLT 功耗情况主要受用户数、用户平均分配带宽和设备所处环境温度影响。

局端 OLT 能耗计算如式(1):

$$P_{OLT}=P_{\text{电源}}+P_{\text{主控}}+P_{\text{风扇}}+P_{\text{上行}}+P_{\text{用户板}} \quad (1)$$

ONT 是一个一体机,由于用户端设备千差万别,功耗也各不相同,计算 FTTH 网络能耗时,通常根据网络使用的主流 ONT 功耗取平均值。

FTTH 网络能耗为:

$$P=\sum(P_{OLT}+N \times P_{ONT}) \quad (2)$$

其中, N 表示单个 OLT 下挂的 ONT 数量。

2.2 FTTH 建设项目能效评估方法

能效评估方法用来衡量 FTTH 建设项目的能效状况,分别用 OLT 设备能效指数和网络能效评估衡量。

2.2.1 OLT 设备能效指数

PON 口平均功耗是衡量 xPON OLT 设备节能水平的重要指标。

OLT 能效指数可由式(3)计算得到:

$$E_{OLT-PON}=\frac{P_{OLT}}{P_{LMT-OLT}} \quad (3)$$

其中, P_{OLT} 表示 OLT 的满配整机满载功耗; $P_{LMT-OLT}$ 是 OLT 整机功耗限定值,其计算如式(4):

$$P_{LMT-OLT}=P_{LMT-PON} \times N_{PON} + \sum P_{LMT-uplink} \quad (4)$$

其中, $P_{LMT-OLT}$ 是 OLT 满配时整机功耗平均到每业务端口的功耗值,参照中国通信标准协会下发的《接入网设备节能技术要求和测试方法 _EPON 系统(报批稿)》和《接入网设备节能技术要求和测试方法 _GPON 系统(报批稿)》, $P_{LMT-PON}$ 取值为 11 W,当 OLT 支持吉比特以太网上行接口时,每增加一个吉比特以太网端口,整机功耗可增加 4.5 W;当 OLT 支持万兆以太网上行接口时,每增加一个万兆以太网端口,整机功耗可增加 18 W。 $P_{LMT-uplink}$ 为 OLT 额外上行接口允许增加的功耗值。

根据 $E_{OLT-PON}$ 的值为 OLT 分级,能效最高等级为 1 级,能效等级越高,代表设备的节能效果越好。能效等级与能效指数的分类关系见表 1^[12]。

表 1 能效等级与能效指数的分类关系

能效等级	对应的能效指数要求
1	$E_{OLT-PON} < 0.7$
2	$0.7 \leq E_{OLT-PON} < 0.75$
3	$0.75 \leq E_{OLT-PON} < 0.8$
4	$0.8 \leq E_{OLT-PON} < 0.9$
5	$0.9 \leq E_{OLT-PON} \leq 1$

2.2.2 网络能效评估方法

在进行网络能效评估前,首先需要计算 FTTH 网络功耗。根据能效评估范围的不同,网络功耗可以是整网网络功耗,也可以仅是局端设备功耗。网络功耗计算采用加权算法,是综合了设备业务能力和不同工作状态下能耗水平的一个计算值。工作状态包括设备的满载状态、半载状态和空载状态等,计算网络功耗时,取不同状态下所测定的功率并按照不同权重合成。

网络加权功耗 P_{Total} 计算如下:

$$P_{Total}=0.35 \times P_{max} + 0.4 \times P_{50} + 0.25 \times P_{sleep} \quad (5)$$

其中, P_{max} 是设备满载的功耗, P_{50} 是半载功耗, P_{sleep} 是待机或空载输入功率^[3]。各功耗权重值适应设备不同的利用率,是根据通信设备在网运行的知识和经验得到的。

根据网络加权功耗 P_{Total} ,从两个方面评估 FTTH 网络能效。

(1) 用户平均加权功耗

用户平均加权功耗是总加权功耗平均到每个用户的功耗值,定义为:

$$P_{\text{FTTH-user}} = \frac{P_{\text{Total}}}{N_{\text{ONT}}} \quad (6)$$

其中, $P_{\text{FTTH-user}}$ 反映了网络用户的平均功耗情况。一般来说, $P_{\text{FTTH-user}}$ 越小, 表明网络中单个用户的能耗越低, FTTH 网络能效就越高。如果 $P_{\text{FTTH-user}}$ 满足式(7), 则设备具有较好的能效, 能满足网络对能效的要求。

$$P_{\text{FTTH-user}} \leq 0.67 \quad (7)$$

式(7)是参考 Verizon 定义的接入网络能效(TEER)及其网络能效要求得到的。

Verizon 接入网络能效定义为:

$$TEER_{\text{FTTH}} = \frac{N_{\text{ONT}}}{P_{\text{Total}}} + 1 \quad (8)$$

当 $TEER_{\text{FTTH}} \geq 2.5$ 时, 即可满足对设备的能耗要求, 由此推导出当 $P_{\text{FTTH-user}} \leq 0.67$ 时, 设备具有较好的能效。

(2) 用户平均带宽加权功耗

用户平均带宽加权功耗是用户单位带宽消耗的功耗, 定义为:

$$P_{\text{FTTH-bandwidth}} = \frac{\text{用户平均加权功耗}}{\text{用户平均分配带宽}} \quad (9)$$

降低单位带宽能耗可以大大降低网络能耗, 在用户平均功耗一定的情况下, 用户平均分配带宽越高, 则用户平均带宽加权功耗越小, 表明每单位带宽消耗的功耗越低, 从而能以更低的功耗和成本实现更大的带宽。

3 FTTH 建设项目网络能耗模型研究

3.1 网络能耗模型结构

FTTH 建设项目网络能耗模型部署如图 2 所示。

能耗模型系统采用 B/S 结构, 前台采用面向对象的开发语言 Java, 数据库采用 MYSQL, 服务器采用 Tomcat。该模型系统可以运行在中文 Win2000/WinXP/Win2003/Win7/

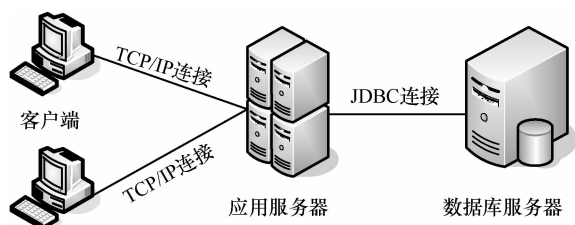


图2 FTTH 网络能耗模型部署

Linux, 具有 1 GB 及以上内存, 250 GB 及以上硬盘, 服务器端需要运行 MYSQL 数据库和应用服务器。

FTTH 建设项目网络能耗评估模型要实现的基本功能包括: 静态评估、动态评估以及相应评估数据的历史记录查询。具体功能模块如图 3 所示。

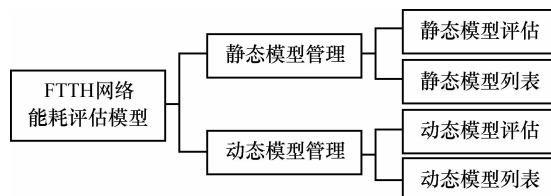


图3 能耗模型系统功能模块

(1) 静态模型管理

完成静态模型评估和静态模型列表功能。静态模型评估根据输入的设备参数和用户数量, 计算设备最低能耗及其配置情况, 并对其进行评估, 包括计算局端 OLT 的数量和功耗情况, 以图形化界面显示功耗分布情况并对节能前后的功耗情况进行比较, 最后根据设备功耗情况提出相应的节能建议措施, 并将结果保存在数据库中。静态模型列表存储静态评估模型历史数据以供用户查询。

(2) 动态模型管理

完成动态模型评估和动态模型列表功能。动态评估模型根据现网测试得到的不同负载下的设备功耗, 计算网络平均加权功耗并进行评估, 包括全网加权功耗、OLT 设备加权功耗、用户平均加权功耗和用户平均带宽加权功耗等。动态模型评估既能只针对局端 OLT 设备, 又能针对全网进行能效评估, 将结果用表格和图形的形式展示在界面, 最后根据能效评估情况提出相应的能效提升建议, 并将结果保存在数据库中。动态模型列表存储动态评估模型历史数据以供用户查询。

3.2 网络能效评估模型系统

3.2.1 静态模型管理

静态模型输入界面包括网络基本信息、OLT 公共模块信息和功耗、OLT 用户模块信息和功耗以及用户数量等, 如图 4 所示。模型系统根据这些参数进行相应的计算和分析。

其输出界面如图 5 所示。输出界面直观展示网络设备公共模块的实际配置状况, 并计算能耗最低的设备功耗及其配置情况, 即当所有用户都下挂于同一台 OLT 时, 利用一个 PON 口满配后增加另一个 PON 口, 一块单板的 PON 口全部满配后增加另一块单板的原则递增 PON 口和单板数量; 利用一台设备满配后增加另一台设备的原则递增



FTTH网络基础信息						
网络基本信息						
PON类型						
设备名称						
厂商						
型号						
用户板槽位数量						
ODN分光比						
OLT公共部分						
名称		型号	配置数量	功耗(W)/单板		
主控板						
电源板						
上行板(GE)						
上行板(10 GE)						
风扇板	0档					
	1档					
	2档					
	3档					
	4档					
	5档					
	6档					
	7档					
添加						
其他						
	添加					
备注:	风扇默认配置					
	手动档位配置					
OLT用户部分						
名称		型号	板卡密度	单板功耗(W)	单板关断节省功耗	单端口关断节省功耗
其他参数						
用户数						
平均每用户分配带宽(Mbit/s)						
ONT平均功耗(W)/台						

图4 静态模型管理输入界面

局端OLT相关信息							
网络 基础 信息	PON类型						
	设备名称						
	厂商						
	型号						
	ODN分光比						
OLT 公共 部分	名称		型号	配置数量	功耗(W)/单板		
	主控板						
	电源板						
	上行板(GE)						
	上行板(10 GE)						
	风扇板						
	其他						
公共部分总功耗(W)							
OLT 用户 部分	名称		型号	板卡密度	单板功耗(W)	单板关断节省功耗(W)	单端口关断节省功耗(W)
	用户板槽位数量						
	未用用户板数量						
	用户数量						
	已用板卡数						
	已用端口数						
	未用端口数						
	用户板总能耗 节能前(W)						
用户板总能耗 节能后(W)							
单位 小结	项目		节能前	节能后	节省功耗		
	OLT总功耗(W)						
	整网总功耗(W)						
	平均每用户静态功耗(W)						
	每兆流量的静态功耗(W)						
建议							

图5 静态模型管理输出界面

OLT设备数量时,结合相应的节能技术方案,关断空闲的板卡和端口,设备功耗达到最低。模型同时计算得到不采用节能技术方案时的设备功耗,并将两者相比较,提出节能建议措施。

静态模型管理同时以图形化界面输出 OLT 设备不同功能模块的功耗分布情况,方便对能耗状况进行分析,各功能模块所占功耗的比例如图 6 所示。

由于现有 FTTH 节能技术方案主要针对空闲板卡和空闲端口实现,因此当设备满配置时,节能前后功耗差别不大,如图 6(a)、(b)所示。设备未满载配置时,以某节点 OLT 设备为例,该节点设备放置在城市 CBD 区域,下挂用户数

量为 952 个,为了满足网络扩展的需要,设备用户板卡满配置,各用户分散在不同的用户板卡和端口,因此,整个设备功耗跟设备满用户配置时的功耗几乎相同,用户板卡总功耗为 505.76 W,占设备总功耗的 85%,如图 6(c)所示。若采用建议的节能技术方案,用户板卡的总功耗下降为 252.1 W,占设备总功耗的 74%,节省了 11%的能耗;由于设备所处机房的温度恒定,因此风扇板功耗差别不大,如图 6(d)所示。

静态模型管理同时以柱状图显示整网所有 OLT 设备和总功耗(包括 OLT 和 ONT)情况并将节能前后的功耗做对比,如图 7 所示。

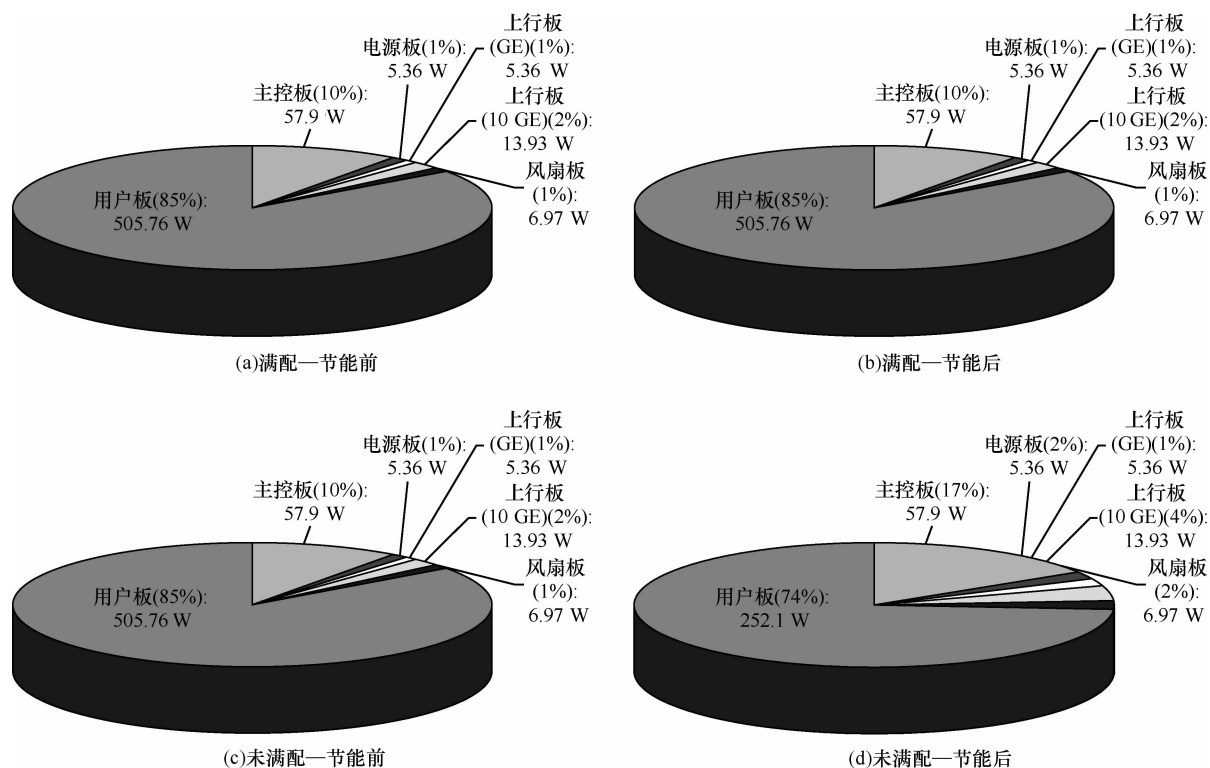


图 6 局端 OLT 设备节能前后对比

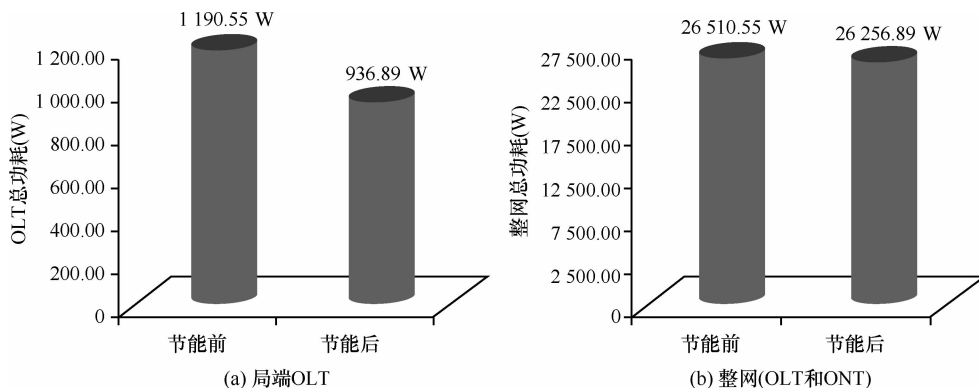


图 7 节能前后的总功耗对比



3.2.2 动态模型管理

动态模型管理根据现网测试得到网络满载、半载和空载时的实际功耗,并根据网络各状态所占权重计算网络动态功耗状况。动态模型输入界面如图8所示。

项目	功耗(W)	权重
局端OLT	满载	
	半载	
	空载	
远端ONT	满载	
	半载	
	空载	
总用户数		
用户平均带宽(Mbit/s)		

备注:

- “局端OLT相关负载功耗”指局端所有OLT设备总体满载、半载、空载功耗;
- “远端ONT相关负载功耗”指平均单台ONT满载、半载、空载功耗;
- 若“权重”非手工输入,按Verizon现网负荷分布加权取值:满载0.35、半载0.4、空载0.25

图8 动态模型输入界面

根据输入值计算得到全网、OLT设备以及用户和用户平均带宽的加权功耗,并以此衡量网络能效,输出界面如图9所示。

4 结束语

本文研究了FTTH建设项目的网络能耗分布及影响能耗的主要因素,结合FTTH网络的特点,建立了FTTH建设项目的能效评估体系和评估算法,开发了FTTH建设项目的网络能效评估系统模型。该模型从静态、动态两个维度对FTTH网络能耗进行评估,分析得到相应网络能

项目	功耗(W)	权重
局端OLT	满载	
	半载	
	空载	
远端ONT	满载	
	半载	
	空载	
总用户数		
用户平均带宽(Mbit/s)		
备注:		
• “局端OLT相关负载功耗”指局端所有OLT设备总体满载、半载、空载功能; • “远端ONT相关负载功能”指平均单台ONT满载、半载、空载功耗; • 若“权重”非手工输入,按Verizon现网负荷分布加权取值:满载0.35、半载0.4、空载0.25		
全国加权功耗(W)		
OLT网络加权功耗(W)		
用户平均加权功耗(W)		
用户平均带宽加权功耗(W)		

图9 动态模型输出界面

耗、能效情况,可以清晰了解网络节能空间,从而更好地帮助运营商制定FTTH网络的节能减排措施,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. 接入网设备节能技术要求和测试方法_EPON系统(报批稿). YDB 067-2011, 2011
- 2 中国通信标准化协会. 接入网设备节能技术要求和测试方法_GPON系统(报批稿). YDB 068-2011, 2011
- 3 Verizon. 通信设备的能效要求. VZ.TPR.9205, 2012

[作者简介] 庄湛海,工商管理学硕士,现就职于中国电信股份有限公司广东研究院,主要研究方向为业务网络、核心网络、接入及节能减排技术;蒋燕,工学博士,现就职于广州优亿信息科技有限公司,主要从事光网络以及宽带业务和节能减排技术的研究。

Study on Energy Consumption Assessment Method and Model of FTTH Network

Zhuang Zhanhai¹, Jiang Yan²

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

2. Guangzhou Use Ease Information Technology Co., Ltd., Guangzhou 510630, China)

Abstract FTTH has become the main solution of the last mile access network construction. As the development of FTTH network, the energy consumption of the access network must be focus on. But now the effective means of energy consumption assessment for FTTH network is lack. According to research and analysis of the energy consumption influencing factors, this paper builds a FTTH network energy consumption model. It can realize visualization and assessment of FTTH network energy consumption, and provide recommendation and reference for operators to achieve saving energy and emission reduction.

Key words FTTH network, energy consumption assessment, energy consumption model

(收稿日期:2012-08-01)