

## 本期专家论坛 栏目策划人



朱近康

中国科学技术大学教授、博士生导师,曾任国家科技部“863”高技术计划通信主题专家组专家、个人通信专家组组长,信息产业部国家无线频谱规划专家咨询委员会委员,中国科学技术大学学术委员会副主任、信息科学技术学院常务副院长、信息与通信系统研究所所长、个人通信与扩频实验室主任等职;主要从事无线移动通信理论、通信技术和无线移动通信网络的研究,近来特别专注于无线大数据、未来无线通信技术和通信网络的研究,连续组织第1、2、3届无线大数据研讨会,推动无线大数据与未来5G的发展;已出版专著3本,发表论文120余篇。

# 关于移动通信终极形态的部分思考

## Considerations on the Ultimate Form of Mobile Communications

唐友喜/TANG Youxi, 李晨兴/LI Chenxing, 邵士海/SHAO Shihai

(电子科技大学, 四川 成都, 611731)  
(University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2017) 03-0045-005

**摘要:** 从网络侧及用户侧两个方面,提出了未来移动通信的终极形态表现形式与功能。认为移动通信走向终极未来的过程也是一个不断标准化的进程,结合当前第5代移动通信(5G)的发展,指出信息灯的基础建设标准化是逼近移动通信终极形态的关键技术,需要重点发展及完善。

**关键词:** 移动通信;收敛;信息灯

**Abstract:** In this paper, the ultimate form and functions of the future mobile communications are proposed from the perspectives of network side and user side. It is believed that the development of the mobile communications is also a standardisation process. For fifth generation mobile communications(5G), the infrastructure construction standardisation of information lamp is pointed out as the key technology to be developed. In this way, the future mobile communications should be enabled to approach its ultimate form.

**Key words:** mobile communications; convergence; information lamp

经过30余年的发展,移动通信从第1代移动通信(1G)发展到正在使用的第4代移动通信(4G):

(1) 1G解决了人类移动通信的有无问题。采用模拟电路技术,实现电磁信号的发射与接收;采用蜂窝网状结构解决频率资源紧缺的矛盾。

(2) 第2代移动通信(2G)解决了

人类移动通信基本业务的稳定性问题。采用信道编译码与数字调制解调等数字电路技术,解决了基本业务的电磁信号发射与接收的稳定性问题;采用时分多址方式,相对于1G进一步提高了频谱的使用效率。

(3) 第3代移动通信(3G)解决了人类移动通信的中速业务稳定性问题。采用Turbo信道编译码及扩频调制解调等技术,解决了中速业务电磁信号发射与接收的稳定性问题;采用

收稿时间: 2017-03-20  
网络出版时间: 2017-05-08

码分多址方式,进一步提高了网络的频谱使用效率。

(4) 4G 解决了人类移动通信高速业务的稳定性问题。采用逼近仙农限的信道编译码技术,信道编译码的性能发展到接近极限;采用分布式多输入多输出(MIMO)天线以及正交频分复用(OFDM)调制解调技术,进一步逼近信道容量极限。

再经过 X 代的进化与完善,移动通信所表现出的外在形态以及功能将趋于收敛,移动通信进入其终极形态阶段。移动通信终极阶段所表现出的形态是什么?具有什么主要功能?现实的第 5 代移动通信(5G)进化过程中,逼近移动通信终极形态,目前应发展及完善的关键技术是什么?本文给出初步的思考结果。

### 1 未来移动通信网络侧的终极表现

移动通信的应用,从地理位置上看包含有三大类:

(1) 低活动概率区域。例如地球

极地、海洋、荒漠、深山等很少有人活动的地理三维位置。

(2) 中活动概率区域。例如农田、牧场、渔场等有人活动的地理三维位置。白天有 13.0% 的全球人口在这些区域活动<sup>[1]</sup>。

(3) 高活动概率区域。例如城镇、居宅、公路等人活动频繁的地理三维位置。白天有 86.9%、夜晚有 99.0% 的全球人口在这些区域活动<sup>[1]</sup>。

目前,低活动概率区域使用卫星移动通信进行覆盖;中活动概率区域和高活动概率区域,使用基站进行移动通信覆盖。

考虑到高活动概率区域的重要性,这里对其进行细分。高活动概率区域包括 5 种场景,如图 1 所示:

(1) 人员密集场景。主要包括电影院、礼堂、教室及购物中心等。

(2) 办公与住宅场景。主要包括住宅与办公室等。

(3) 地下车库与电梯场景。主要包括地下车库、电梯、过街地道等。

(4) 街道与运动场场景。主要包

括街道、运动场等。

(5) 交通工具场景。主要包括小轿车、公交车、地铁、火车及飞机等。

在图 1 所示的这些场景中,移动通信用户一般可以用眼睛直接看到照明灯。显然,目前的移动基站,包括微基站、微微基站,没有充分的利用好这一特征。

未来移动通信的终极形态,对应于高活动概率区域,在网络侧表现为采用信息灯的方式向用户提供移动通信业务服务<sup>[2]</sup>。信息灯的要素及构成如图 2 所示,提供照明及无线通信两种功能,通过标准化的信息灯接头与标准化线缆连接,分别接入移动通信的核心网、无线通信应急电源以及照明用市电<sup>[3-5]</sup>。

图 2 中,根据使用场景的不同,标准化信息灯接头后面的标准化线缆可以采用以下几种方式:

(1) 只有电力线。电力线同时完成信息灯的照明用电、通信电缆、应急供电 3 种功能。

(2) 电力线和通信电缆。其中,

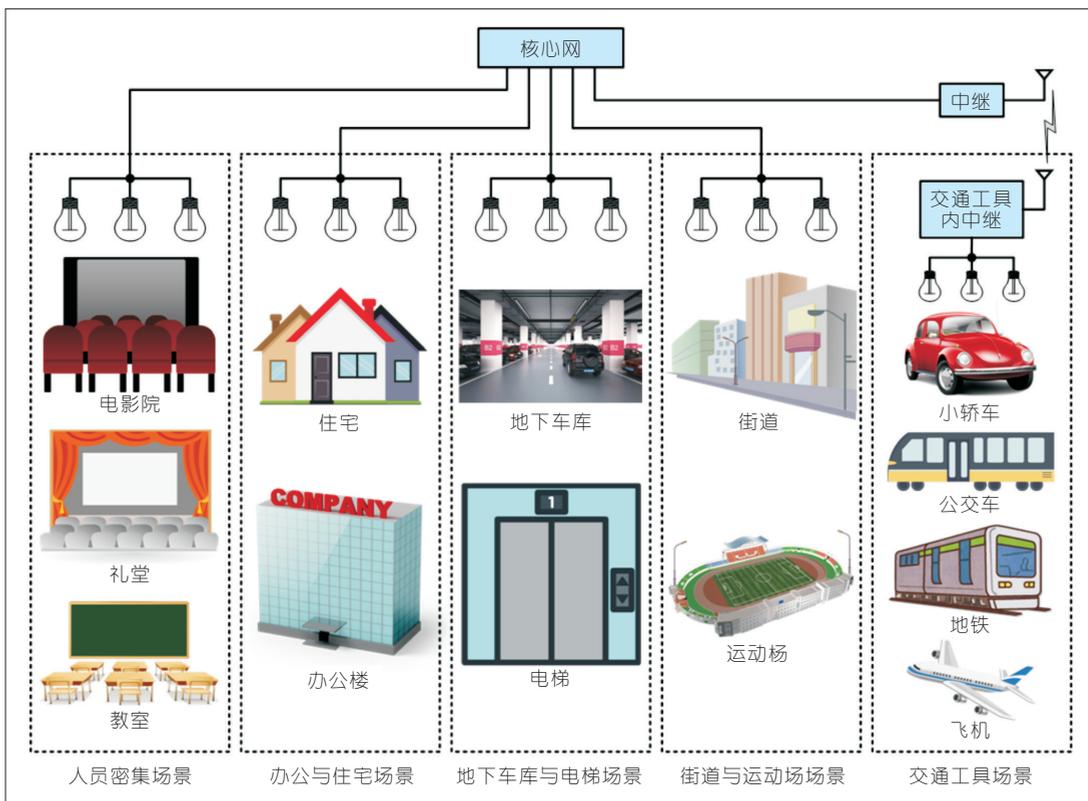
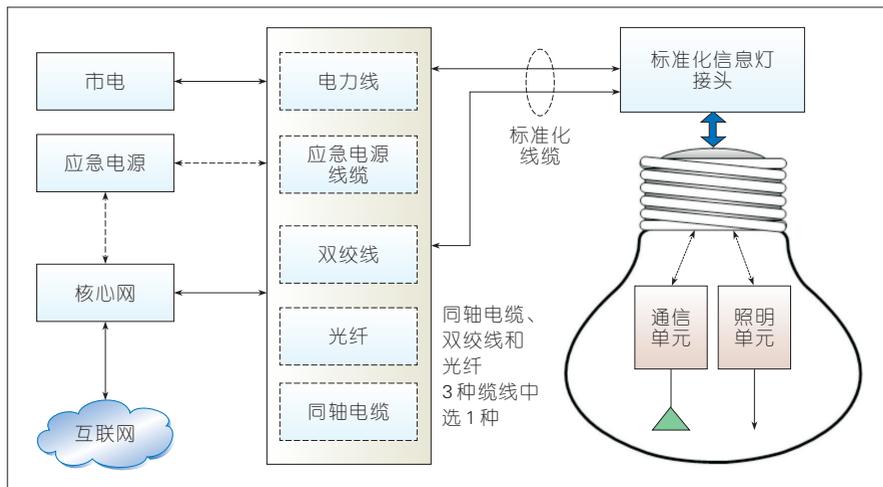


图 1 高活动概率区域的移动通信典型使用场景



▲图2 网络侧信息灯的构成

通信电缆可以是同轴电缆、双绞线、光纤3种线缆中的一种。不需要应急电源的场景,电力线仅提供照明用电。需要应急电源的场景,电力线可同时用作照明用电、通信用电这两种功能。

(3)电力线、应急电源线缆,以及同轴电缆、双绞线、光纤3种线缆中的1种。

图2中所示的信息灯具备的优点包括:

(1)节约能源。信息灯与用户端的通信,大多数时候是直射路径,不需要网络侧及用户侧发射机发射太大的功率。每1个信息灯的最大发射功率只有几十mW,比现有的基站小3个量级。在信息灯的服务下,每1个通信终端的最大发射功率也只有几十mW量级,比现有的手机小2个量级。

(2)用户端待机时间长。信息灯的无线信道,平均的传播损耗比现有的移动通信基站小几个量级,这会让用户端的待机时间获得显著延长。例如,某些频繁使用的移动终端待机时间会提高几个量级,从1天提高到百天。

(3)绿色的电磁辐射。更小的用户端及基站发射功率,所产生的电磁辐射更绿色化。

(4)频谱效率高。在单位空间

内,信息灯的频率复用率更高。1个用户一般可以同时直视多个信息灯,具有更高的空分复用效率。

(5)网络安装快速且简单。不存在基站选址困难的问题,安装简单,如目前的白炽灯泡一样,能安装白炽灯的人就可以安装信息灯基站。

(6)网络使用与维护简单。信息灯是由半导体材料及铜等生产的芯片组成,大批量的生产后,信息灯的单个成本极低,信息灯发生故障,可以直接更换,无需维修。

在移动通信发展逼近信息灯的过程中,目前商用市场已有WiFi灯及灯基站两种产品。

#### (1)WiFi灯。

WiFi灯的工作方式如图3<sup>[6-8]</sup>,手机通过WiFi控制WiFi灯照明功能的开关,以及灯的发光颜色、亮度。

WiFi灯的发展趋势是:用户通过WiFi灯直接连接到互联网上,其工作方式如图4所示,特别适合居家或面积大办公室等场景的WiFi布网,优点是:

- 安全。目前已有的WiFi接入设备,需要市电电源,大多数是24h供电。在某些极端环境中,例如高温、高湿度条件下,且周围有易燃物,WiFi接入设备电源存在失火、触电等供电安全问题。

- 美观。目前已有的WiFi接入设备,需要放置场地,不便于隐藏,不方便设计、集成为美观环境中的一部分。WiFi灯的工作方式,用户看不到专用的WiFi接入设备。

- 无线覆盖建网速度快。不同的房间拧上几个WiFi灯,再连接上电力猫,WiFi无线网就建好了。

- 无线覆盖效果好。可以在不同的房间,例如在客厅、餐厅、卧室、卫生间、厨房、阳台等场所各装上1个WiFi灯,在居家配电箱内装上电力猫与互连网相连,则整个家居环境具有最优的WiFi覆盖效果。

#### (2)灯基站。

目前,全球主要移动通信设备制造商均在提供灯基站产品<sup>[9-10]</sup>。例如华为的灯基站已在上海、武汉、东莞等城市开始部署<sup>[11]</sup>。灯基站的主要特点包括:

- 设备建设速度快。利用路灯杆资源,灯基站体积小、重量轻,可快速安装。

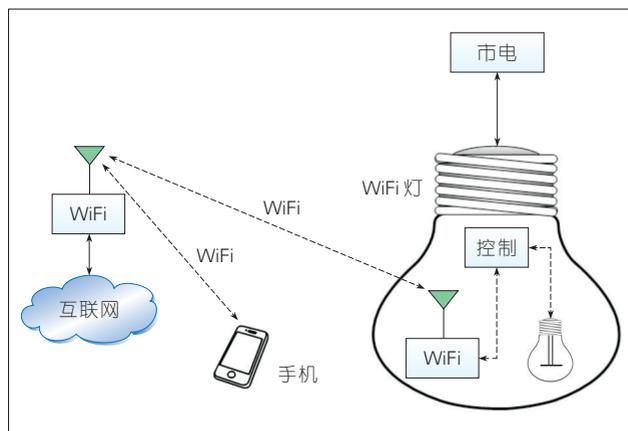


图3 目前WiFi灯的工作方式

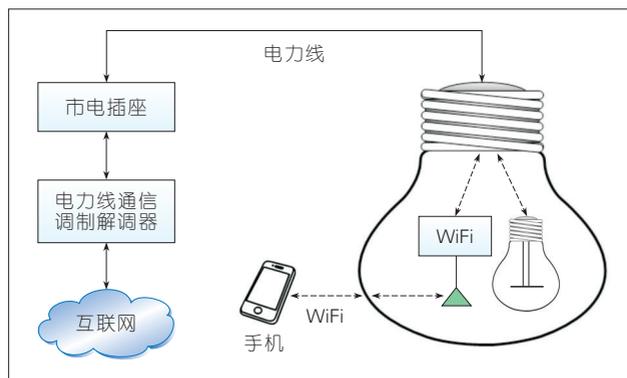


图4  
下一代WiFi灯的工作方式

• 无线通信覆盖性能好。目前的文明城市,找不到没有路灯覆盖的马路,这也意味着与路灯相伴的移动通信基站覆盖性能好。

• 美观。灯基站融入了环境,具有隐蔽性,市政环境美观。

• 基站站址选择方便。基站站址选择只涉及市政路灯部门一家单位,协调方便。解决了目前基站建设选址特别困难的问题。

但是,目前的灯基站产品离信息灯的主要功能要求还有巨大的差距,主要表现在:

• 基站与照明灯还没有融合为一体。

• 安装工程仍显得过于复杂。

• 从市政环境上看仍不美观。

• 操作与维护仍显得过于复杂。

根据《2015年城乡建设统计年鉴》<sup>[12]</sup>,全国城市道路总里程超过35万km,按每20m建设一个路灯计算,那路灯数超过1750万个;换一种算法,考虑每一个家庭有数支市电照明灯,若按全国每个人对应2支信息灯,则总量是26亿支:这说明信息灯具有广阔的应用前景。

## 2 未来移动通信用户侧的终极表现

限于篇幅,这里不讨论机器终端与机器终端间的无线通信,只讨论人直接使用的终端。考虑高活动概率区域,未来移动通信用户侧的终极表现如图5所示:

(1)个人随身移动服务器。未来

移动通信需要超低时延、随身、可信计算的内容,放在个人随身移动服务器中执行。具有无线通信功能,可与网络侧的信息灯、宏基站进行无线通信。一般情况下,任时刻个人随身移动服务器离其主人的最大空间距离不超过100m。

(2)穿戴式终端。携带方便,具有低精度的特定人体生理指标监测功能等。具有无线通信功能,可与网络侧的信息灯进行无线通信。

(3)植入式终端。埋入人体内部,人体外面不可见,根据需要,具有高精度的选定人体生理指标监测功能;具有与神经对接等功能;具有无线通信功能,可与个人穿戴式终端及个人移动服务器进行无线通信;某些特定的植入式终端可与网络侧信息灯进行无线通信。

移动通信用户侧终端的终极形态,涉及的关键技术包括:

(1)无线通信空中接口技术。解决人体内植入电子设备与外界的无线通信问题<sup>[13]</sup>。

(2)人体天线。解决人体作为人体内植入的电子设备收发天线所涉及的关键问题<sup>[14]</sup>。

(3)供电技术。解决人体内植入电子设备的供电问题<sup>[15]</sup>。

(4)安全技术。解决人体内植入电子设备的安全操作维护问题<sup>[16]</sup>。

(5)环境适应性技术。包括两层技术内容:一是植入人体内的电子设备如何适应人体内部

的环境,不影响人体的正常运行<sup>[17]</sup>;二是一个人的植入式终端与距离很近另一个人的植入式终端如何达到相互间的干扰最小化。

(6)操作维护技术。解决人体内植入电子设备运行状态管理问题<sup>[16]</sup>。

(7)传感技术。解决人体内植入电子设备如何有效采集人体生命特征信号的问题<sup>[18]</sup>。

(8)植入技术。解决电子设备安装入人体涉及的问题<sup>[19]</sup>。

## 3 标准化

移动通信走向终极未来的过程,也是一个不断标准化的过程,需要系列化的国家标准及国际标准。

目前正处于5G标准化的过程中,重点发展及完善的关键技术是信息灯的基础建设标准化。1栋楼盖好可以使用70年,但是当前移动通信相邻两代之间平均只有8年,这需要建筑物的建设要有预判性、超前性,并标准化。

(1)信息灯。

如图2所示的信息灯组成要素,需要的国家标准化内容包括:

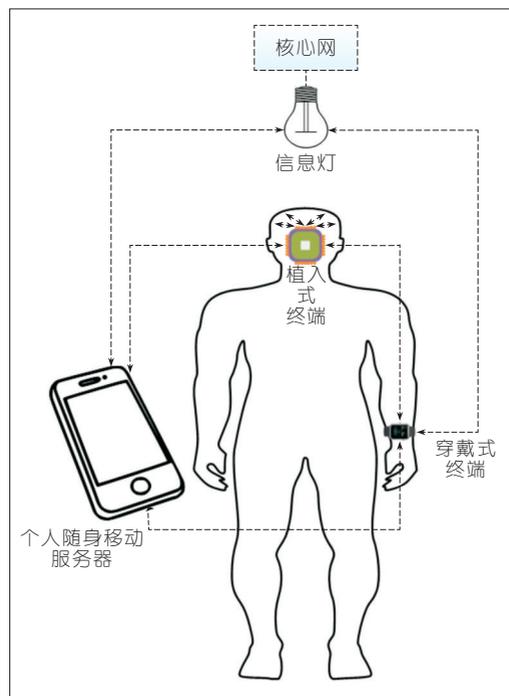


图5 未来移动通信用户侧的终极表现

• 外观。根据不同的应用需要,采用吊灯、吸顶灯、落地灯、壁灯、台灯等形式,满足居家、办公室需求。

• 照明灯功能。根据不同的应用需要,适应白炽灯、荧光灯、LED节能灯、卤素灯等光源的需要。

• 无线通信空中接口标准。适应信息灯的空中无线通信接口需要。

• 信息灯的操作维护标准。适应一座城市上亿个信息灯的高效、及时操作维护需要。

• 信息灯的安全标准。适应回避各种天灾人祸的安全需要。

#### (2) 信息灯线缆。

信息灯可能使用的几种线缆,如图6所示,需要实现标准化的主要内容包括:

• 信息灯使用线缆标准化,根据不同的应用需要,标准化系列线缆的规范。

• 信息灯线缆布线标准。

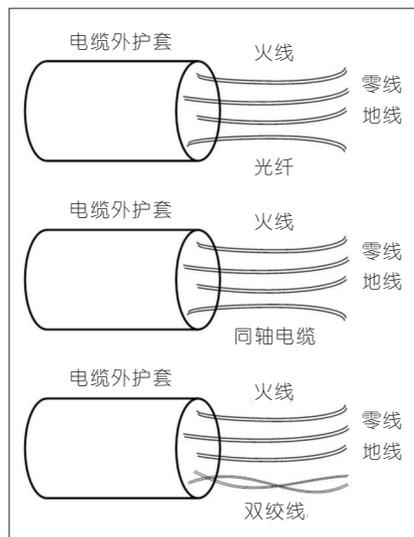
• 信息灯线缆施工标准。

#### (3) 信息灯灯座。

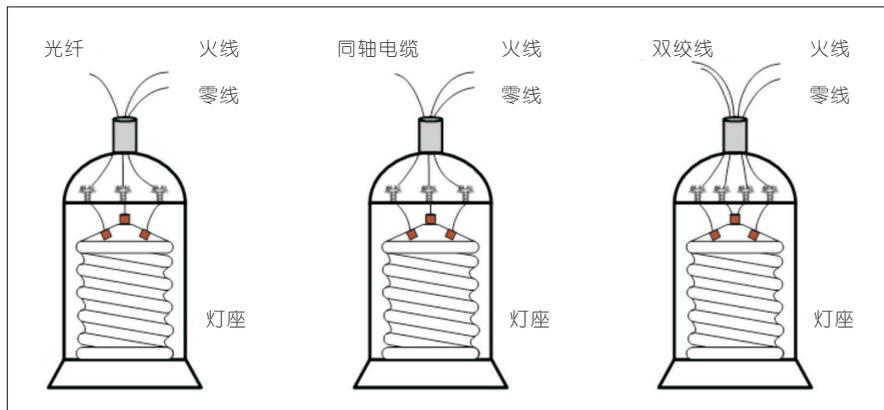
为使信息灯的拆卸与安装与普通灯泡一样方便,需要信息灯灯座标准化。几种信息灯的灯座要素如图7所示。

信息灯灯座的标准化需要:

• 与通信信号线及应急电源线匹配,满足光纤、同轴电缆、双绞线等



▲ 图6 信息灯常用的几种线缆



▲ 图7 信息灯灯座的几种样式与要素

信号线以及应急电源线的不同需要。

• 口径规格。

• 与照明灯具匹配。满足不同信息灯拧入、插入等的使用需要。

#### (4) 信息灯应急电源。

信息灯同时具有照明与无线通信功能,当遇到市电停电时,大多数情况下,无线通信功能是不能停用的,与现有的无线通信系统一样,信息灯系统也需要应急电源,除非使用电源的停电概率等级达到了电信级要求。

一般1栋楼或1个居民小区,设置1个信息灯的应急电源中心,这需要相应的国家标准进行规范。

#### (5) 植入式终端。

在移动通信网的用户侧,植入式终端必须标准化,以保证人体生命的安全:

• 植入式终端外形的标准化。

• 电磁安全,制定植入式终端的电磁辐射剂量国家标准。

• 生物安全,制定植入式终端的生物安全国家标准。

• 植入过程标准化。

• 植入设备标准化。

#### (6) 建筑物。

信息灯依托的住宅、办公楼、街道等建筑物,需要进行标准化的内容包括:

• 已有住宅、办公楼、街道等建筑物,安装信息灯时的改造工程,需要国家强制规范标准。

• 新建住宅、办公楼、街道等建筑物,为适应信息灯使用需要的国家强制规范标准。

• 新建住宅、办公楼、街道等建筑物,为适应信息灯所需应急电源需要的国家强制规范标准。

## 4 结束语

本文给出了移动通信终极未来的部分思考,有些想法还很不成熟,欢迎批评指正,并真诚期待联系讨论交流。

#### 参考文献

- [1] KLEPEIS N E, NELSON W C, OTT W R, et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants[J]. Journal of Exposure Analysis & Environmental Epidemiology, 2001, 11(3): 231-252
- [2] 唐友喜, 邵士海. 基于照明灯及电力线为载体的新型宽带移动通信系统[J]. 中兴通讯技术, 2007, 13(2): 25-27. DOI:10.3969/j.issn.1009-6868.2007.02.007
- [3] 唐友喜, 刘宇畅. 照明及通信两用电器: 200610021069.8[P]. 2016-06-01
- [4] 赵连鹏, 唐友喜, 符初生. 一种信息灯的连接结构及方法: 200710049021.2[P]. 2007-04-30
- [5] 唐友喜, 郝兵琼. 一种具有信息传输功能的电力开关: 200610021371.3[P]. 2006-07-11
- [6] SHAO S, KHREISHAH A, AYYASH M, et al. Design and Analysis of a Visible-Light-Communication Enhanced WiFi System[J]. IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking, 2015, 7(10): 960-973. DOI:10.1364/JOCN.7.000960
- [7] Cisco Systems. White paper: Cisco VNI Forecast and Methodology, 2015-2020[EB/OL]. (2016-06-01)[2017-03-19]. http://

→ 下转第 52 页