



电力骨干通信网信息流模型与流量测算

赵子岩, 樊剑辉, 金鑫, 张大伟, 刘洋, 马丽, 邹晓颖
(国家电网公司信息通信分公司, 北京 100761)

摘要: 电力骨干通信网业务需求分析及业务流量测算是进行通信网规划和优化的重要工作。按照智能电网电力骨干通信网承载业务的情况, 按专线业务及 IP 业务分别提出了电力骨干通信网基础业务模型及业务流量测算方法, 形成了电网典型业务节点业务流量测算模型和方法。基于“十三五”电力骨干通信网业务需求, 对典型电网生产业务及典型管理信息化业务流量模型进行了研究, 形成了每类业务的流向和流量计算模型。形成的各类业务流量测算模型已经应用于国家电网公司“十三五”通信规划中, 为电力系统各级骨干通信网规划提供了科学指导与参考。

关键词: 电力骨干通信网; 业务模型; 电网 GIS; 统一视频监控系统; IMS; 集中客服; 云终端

中图分类号: TP309

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017072

Information flow model and service flow calculation of electric power backbone communication network

ZHAO Ziyang, FAN Jianhui, JIN Xin, ZHANG Dawei, LIU Yang, MA Li, ZOU Xiaoying
State Grid Information & Telecommunication Branch, Beijing 100761, China

Abstract: Electric power backbone communication network service analysis and service flow calculation is the most important aspect for network plan and optimization. According to the smart grid service carried on backbone communication network, the basic service model and service flow calculation method was carried out for dedicated circuit service and IP service. Based on the requirement of the “13th Five-Year” plan, the typical power system production and management information service model were carried out and the every service data flow could be calculated. The service models and service data flow calculation method were used in the “13th Five-Year” plan communication network plan of state grid.

Key words: electric power backbone communication network, service model, power system geographic information system, uni-video supervising system, IMS, concentrated customer service, cloud terminal

1 引言

电力信息通信网是电网生产及电网企业经营管理的基础支撑平台, 承载和传输各类电网生产

监视、调度、控制、生产及企业办公、经营与管理等信息与数据, 是电网安全生产及企业高效运营的重要保障。研究电力信息通信全业务信息流模型, 对于了解电力通信业务的保障要求,



合理规划网络架构、系统容量,优化选择传输技术体制,评估网络承载业务的风险均具有重要意义^[1]。

2 电力骨干通信网业务

按照电力信息通信网承载的业务特性分类,由电力骨干信息通信网承载的业务包括两类,第一类是电网生产业务,包括电网生产实时调控业务、电网生产管理业务、企业管理信息化业务。其中,电网生产调度业务主要包括电网调度电话、继电保护及安全稳定控制、调度自动化、配电自动化等。除了电网生产调度业务外,辅助电网调度管理、运行的新型业务也是未来电网企业发展和应用的重点,其中,包括电网 GIS (geographic information system, 地理信息系统) 业务、电网统一视频监控等。

企业管理信息化业务主要包括:服务于公司日常工作的管理服务业务及信息化业务。其中,管理服务业务包括行政交换业务、电视电话会议业务、应急指挥通信业务等;公司信息化业务主要包括人力资源管理、财务管理、物资管理、规划管理、项目管理、运行管理、生产管理、营销管理、协同办公、综合管理等业务。企业信息化管理的内涵也在不断丰富和扩大,除传统的支撑企业基本管理、运作的企业信息化系统外,未来集中式客服中心、一体化会议电视系统、云终端等技术的应用,也将成为电力信息通信需要重点保障的企业管理信息化业务。

3 电力骨干通信网信息流基础模型

公司电力骨干通信网承载了公司电网生产、经营及管理信息化等各种应用,对于其中的管理信息化应用,上述应用系统的部署层级、信息流向、用户数量、并发比例以及每位用户占用的网络带宽不尽相同,为了进行网络带宽预测和估算,就必须对应用系统的通信特征进行分析,按照不

同的通信特征分类,归纳出不同的网络流量模型^[2]。因此,网络流量模型是对实际信息通信网络上的各种应用的抽象和总结,有了网络流量模型就可以对新的应用进行分析和匹配,并预测未来可能产生的流量,为网络规划和设计提供依据^[3]。

(1) 单类业务流量计算式

电力通信网承载的业务包括电网生产和管理信息化业务。按照通信网承载的模式划分,又可以分为专线业务和 IP 业务。

对于电力通信网承载的专线业务,业务独享带宽,此类业务主要是电网生产业务,对于安全性、可靠性要求较高,一般要考虑备用通道;且基于运行工作,还需要考虑一条通道故障,另外一条通道间检修情况下的运行方式,需要为专线业务在传输段上考虑一定的冗余备用容量;由于专线业务独享带宽,因此不用考虑网络带宽利用率问题。基于专线承载的智能电网信息流模型如图 1 所示。

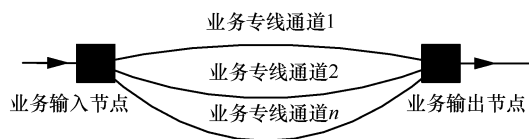


图 1 基于专线承载的智能电网信息流模型

基于上述分析,专线类业务的带宽流量计算如式(1)所示:

$$B_{zx} = B \times K_r \quad (1)$$

其中, B_{zx} 为考虑可靠性系数的某类专线业务流量, B 为某类专线或 IP 业务的基础流量, K_r 为某类专线业务的可靠性系数,一般考虑 N-1 的可靠性要求,系数通常取 2,即表示此类专线业务在保证主用通道的同时,要考虑一条备用通道。

对于电力通信网承载的 IP 类业务,业务通道有多种业务共享带宽,业务流量不仅取决于单业务的流量,也取决于使用用户的数量及并发情况;同时,为了提高保障与服务的质量,通常需要考虑业务的可靠性要求及网络带宽利用率因素。基于 IP 网络承载的通信网信息流模型如图 2 所示。

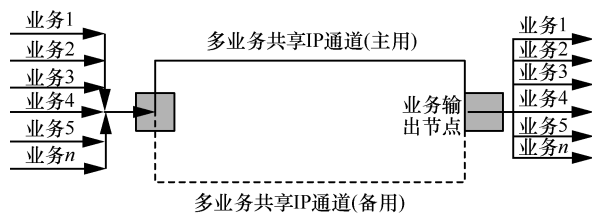


图2 基于IP网络承载的通信网信息流模型

基于上述分析，IP类业务的带宽流量计算式如下所示：

$$B_{IP} = \frac{B \times N \times C \times K_r}{U_r} \quad (2)$$

其中， B_{IP} 为考虑用户数量、并发系数及可靠性要求下的某类IP业务的业务流量， B 为某类专线或IP业务的基础流量， N 为某类IP业务的用户数量， C 为某类IP业务的并发系数， K_r 为某类专线业务的可靠性系数，如考虑主备用通道，则可靠性系数取2， U_r 为IP类业务的带宽利用率，通常取70%。

对于IP类业务应用，由于业务应用及IP通信时分复用的特性，需要在容量规划时考虑一定的并发比例系数；而对于时分业务，此类业务对传输时延要求严格，业务一般独占通道资源，其并发比例系数一般都取值100%。

(2) 典型节点的业务流量模型

电力系统中典型的业务节点主要包括：各级调控中心、各电压等级变电站、各级电网行政管理机构、供电所、营业厅及各级直属单位等，由于节点类别与生产、管理的属性差异，每类节点具有不同的业务需求，但同类节点一般具有同质化的业务。计算典型节点的业务流量对于在通信网规划设计中该节点配置的传输设备技术体制选择及容量规划具有非常重要的指导价值。典型节点的业务流量分为两部分：

$$B_i = B_{ZX_i} + B_{IP_i} \quad (3)$$

其中， B_i 为第*i*类典型节点的出口业务流量， B_{ZX_i} 为第*i*类节点汇聚上联的专线业务流量， B_{IP_i} 为第*i*类节点汇聚上联的IP业务流量。

4 电力骨干通信网典型生产业务信息流模型

电力骨干通信网承载的典型电网生产业务包括：常规电网生产调度业务，如继电保护、安全稳定自动控制、变电站自动化、调度电话等；“十三五”期间或未来，随着电网智能化应用的日益广泛，对网络承载能力要求较高的新业务（如电网GIS、统一视频监控等）将会更为广泛地被应用^[4]。

4.1 常规电网生产业务信息流模型

常规电网生产调度业务主要包括：继电保护、安全稳定自动控制、变电站自动化、调度电话及调度数据网业务。按照业务流向，上述业务主要分为两类：汇聚型业务和区段型业务。汇聚型业务通过集中控制节点进行集中，并通过集中控制节点及各级调控中心向上级节点汇聚传输，如调度电话业务、变电站自动化业务、安全稳定控制业务及调度数据网业务等。汇聚型业务流向模型如图3所示。

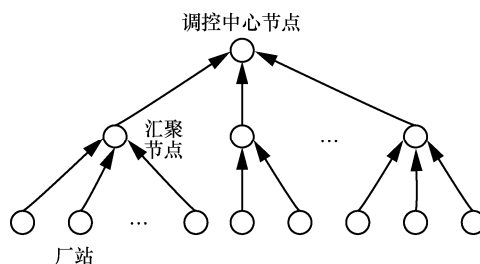


图3 汇聚型业务信息流向模型

区段型业务主要发生在站间，传输站间采集数据及控制指令，实现电网的快速控制，如继电保护业务。站间型业务流向模型如图4所示。

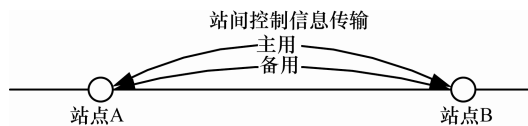


图4 站间型业务信息流向模型

由于上述两类业务不同的需求特性，其在通信网传输容量的影响及容量规划方面有不同的影响。汇聚型业务会逐层汇聚，对每层级的电力通信网传输容量均有影响，而区段型业务仅需考虑所在传输区段的容量配置，对上级网络没有影响。



4.2 电网 GIS 业务流量模型

电网地理信息服务平台是为各类电网业务应用提供电网图形和分析服务的企业级电网应用支撑平台。一般，电网 GIS 平台在两级部署模式基础上，逐步实现基础地理数据和电网资源数据的全覆盖，完成对现有电网主要业务的全面支撑，为电网规划、设计、建设、运行、检修、营销全过程业务协同和深度融合提供有力支撑。采用两级部署模式的电网 GIS 平台，总部用户访问总部数据中心，按需访问省公司数据中心服务；省公司及地市县公司等用户集中访问省公司数据中心部署的电网 GIS 平台服务；总部与省公司之间地理信息数据的调阅由总部及省公司数据中心互相交换数据实现。两级部署的电网 GIS 业务流向模型如图 5 所示。

电网 GIS 操作主要分为两类：通用类操作（登录系统、简单查询、复杂查询、场景导航等）、生产类操作（分析、设备维护、异动管理），每类操作具有不同的属性，产生不同的业务流量，见表 1。

在上述操作中，在计算业务流量时，由于每类操作中的各项内容之间具有互斥性，单一用户各项操作之间不具有并发特性，对单用户来说，进行业务流量测算时采用每类操作产生的最大业务流量。表 1 中，通用类操作业务流量取 1.03 Mbit/s，

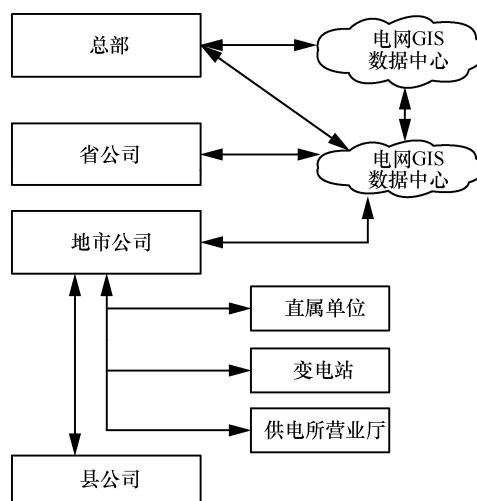


图 5 电网 GIS 业务流向模型

生产类操作业务流量取 2.31 Mbit/s。涉及电网 GIS 的业务节点主要包括：总部、分部、省公司、直属单位、地市公司、县公司、供电所、营业厅和变电站。总部、分部、省公司及直属单位节点用户主要是通用类操作，单用户对于电网 GIS 的业务流量可取 1.03 Mbit/s；地市公司、县公司、供电所、营业厅和变电站等基层用户需要进行电网地理信息数据的维护，单用户基础业务流量为 2.31 Mbit/s。考虑不同的并发用户数量，按照式（2），电网中典型业务节点的电网 GIS 业务流量可以计算，见表 2。

表 1 电网 GIS 不同操作的业务流量

类别	操作类型	操作内容	业务流量/（Mbit·s ⁻¹ ）
通用类操作	登录	客户端登录	0.43
		打开地理图、漫游	1.03
	简单查询	快速查询	0.23
	复杂查询	查看台账	0.2
	场景导航	三维信息	0.98
生产类操作	分析类	馈线分析	0.4
		停电范围分析	0.4
		开关置位	0.39
		设备三维水平及垂直量测	0.51
		设备删除	0.83
	设备新增	杆线同步	0.43
	设备移动	快速编辑	0.64
	异动管理	打开异动图纸	2.01
		生成异动图纸	2.31

表 2 典型电网节点的 GIS 业务流量

典型节点	单用户业务流量/(Mbit·s ⁻¹)	用户数/个	并发系数	节点业务流量/(Mbit·s ⁻¹)
总部	1.03	1 000	3%	30.9
分部	1.03	20	100%	20.6
省公司	1.03	50	100%	51.5
直属单位	1.03	30	100%	30.9
地市公司	2.31	30	100%	69.3
县公司	2.31	40	100%	92.4
供电所	2.31	4	100%	9.24
营业厅	2.31	1	100%	2.31
变电站	2.31	1	100%	2.31

4.3 电网统一视频监控业务流量模型

电网视频监控也是近年来应用逐步广泛的一类占用网络带宽较大的电网业务，其主要目的为实现电网视频监控的平台化应用，为输变电状态监测、运营监测（控）、营销稽查监控、基建管控、应急指挥、调度中心等提供统一视频调用服务，形成更加全面和完善的企业级视频信息共享利用。系统一般采用二级部署、多级应用模式，针对不同的应用规模，存在两种模式：集中式和单元式部署模式。

- 集中式部署模式是在视频监控点较少的情况下，通过在省公司集中部署视频服务，实现视频质量集中检测、诊断，并通过流媒体服务集中转分发方式获取检测所需的视频数据。
- 单元式部署模式是在视频监控点比较多的情况下，在部分采集点部署视频服务器，所需数据原则上通过同级流媒体服务转分发获取，实现视频本地监测和获取，减少上联带宽的占用。

通常按照不同质量的图像传输要求，单路 1080P 超清视频所占带宽为 4 Mbit/s，单路 720P 高清视频所占带宽为 2 Mbit/s，标清设备所占带宽为 0.5~1 Mbit/s。超高清视频监控主要应用于各电压等级的变电站；营业厅等场所通常使用高清模式即可满足应用需求，因此在单个变电站业务流量估算时，单路视频按照 4 Mbit/s 计算，在进行

营业厅业务流量估算时按照 2 Mbit/s 计算。电网统一视频监控平台采用流媒体转分发机制，多个用户同时调用同一路视频时，只占用一路前端到流媒体服务器的带宽。县级、地市级用户在调用视频时，视频流将从站端到省公司流媒体服务器，然后再回到县或市客户机，在集中部署模式下，产生的业务流量为单路视频流量的 2 倍，集中部署模式下统一视频业务流向模型如图 6 所示。

对于单元部署模式，在地市公司用户和省公司服务器建立起连接后，地市公司用户直接从本地流媒体服务器上获取视频流，该业务流为本地局域网流量，单元部署模式下统一视频业务流向模型如图 7 所示。

对于变电站，通常情况下，用户习惯同时调用 4 路视频，同一时间同时调用同一厂站视频的用户为 2 人，考虑到重复调用同一路视频的情况，一个变电站视频调阅路数以 8 路计算，根据式（2），产生的流量为 $4 \text{ Mbit/s} \times 8 \times 2 \times 100\% = 64 \text{ Mbit/s}$ ；对于 500 kV 及以上变电站，由于电网调控、运检等多层级、多业务部门的访问，且变电站视频监控点位较多（500 kV 一般在 40 路，特高压站点一般在 80 路），按照 8% 的并发率计算，产生的业务流量为 $4 \text{ Mbit/s} \times 50 \times 8\% = 16 \text{ Mbit/s}$ ；对于营业厅，在通常情况下，考虑一个营业厅的视频调阅路数以 6 路计算，产生的业务流量为 $4 \text{ Mbit/s} \times 6 \times 1 \times 100\% = 24 \text{ Mbit/s}$ ，如果采用高清视频即可以满足要求，产生的业务流量为 $2 \text{ Mbit/s} \times 6 \times 1 \times 100\% = 12 \text{ Mbit/s}$ 。

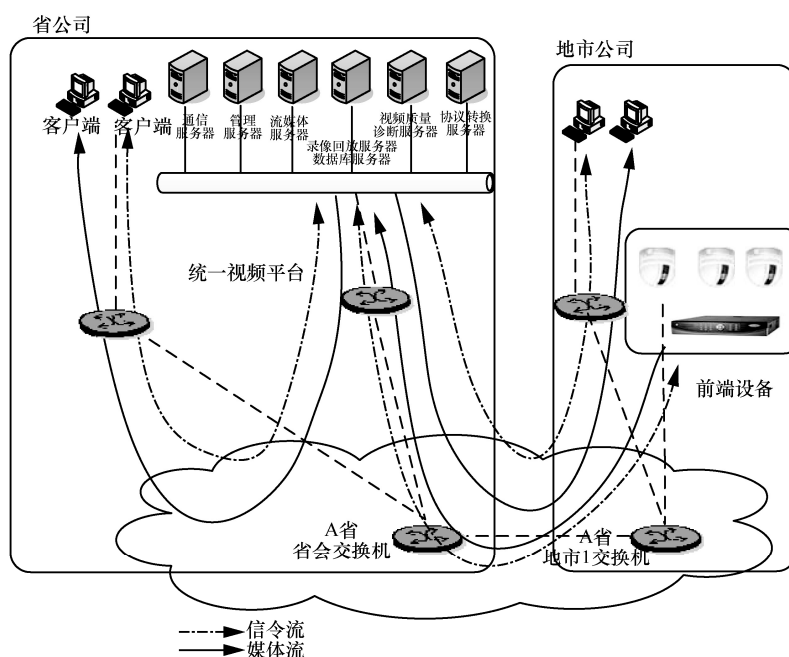


图6 集中部署统一视频业务流向模型

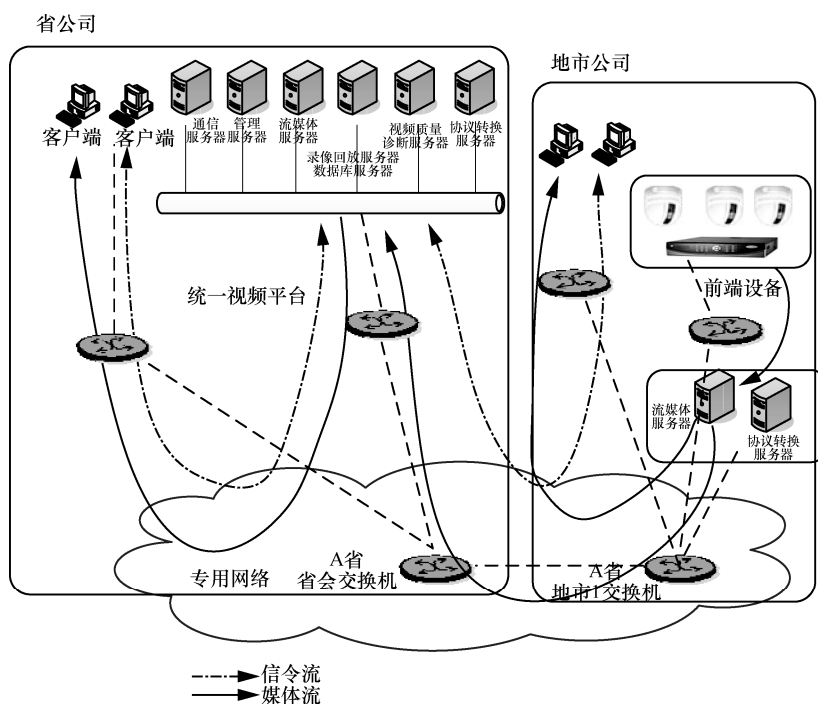


图7 单元部署统一视频业务流向模型

5 骨干通信典型管理信息化业务流量模型

电力信息通信网承载的典型电网企业管理信息化业务包括：公司各类信息化应用，包括邮件、门户、灾备应用、ERP、人力资源、财务、物资、

发展、建设、运检、营销等各业务部门工作管理支撑信息系统等；“十三五”期间，按照公司统一部署和要求部署模式发生较大变化，对网络承载能力要求较高的业务，包括IMS系统、一体化电视电话会议系统、集中客服、云终端应用业务等。

各类业务流量模型研究如下。

5.1 电网企业信息化业务流量模型

当前的信息化系统按照部署模式主要分为：集中部署模式和两级部署模式。

如图 8 所示，不同的部署模式的信息化业务对于各层级网络的流量需求不同，集中部署的信息化系统，总部、分部、省公司、地市县公司用户都需要访问，各层级的用户业务流量需要穿通地市通信网、省公司通信网、省际通信网，产生的业务流量对各层级网络的容量需求均有影响；两级部署的系统，部署在省公司的业务系统，仅本省及所属地市县用户访问，业务流量到省公司通信网即终结，不会上传至省际通信网。因此，在通信网规划时需要考虑系统的部署模式及各层级

用户的流量贡献与需求，其中，省公司通信网的容量除了要考虑地市县公司访问省公司部署的信息化系统产生的业务流量外，还要考虑省公司、地市县公司等通过省公司通信网访问集中部署的信息化系统业务流量；而省际通信网的容量要考虑总分部、省公司及地市县公司访问集中部署的信息化系统业务流量。

5.2 IMS 业务流量模型

对于采用分省部署的 IMS 核心网络、省际互联方式，组网采用单级结构，信令和媒体都采用扁平化组网。IMS 业务主要是电话业务，其业务流量包括媒体流和信令流两种类型，则省内用户业务流量流向如图 9 所示。

跨省用户业务流量流向如图 10 所示。

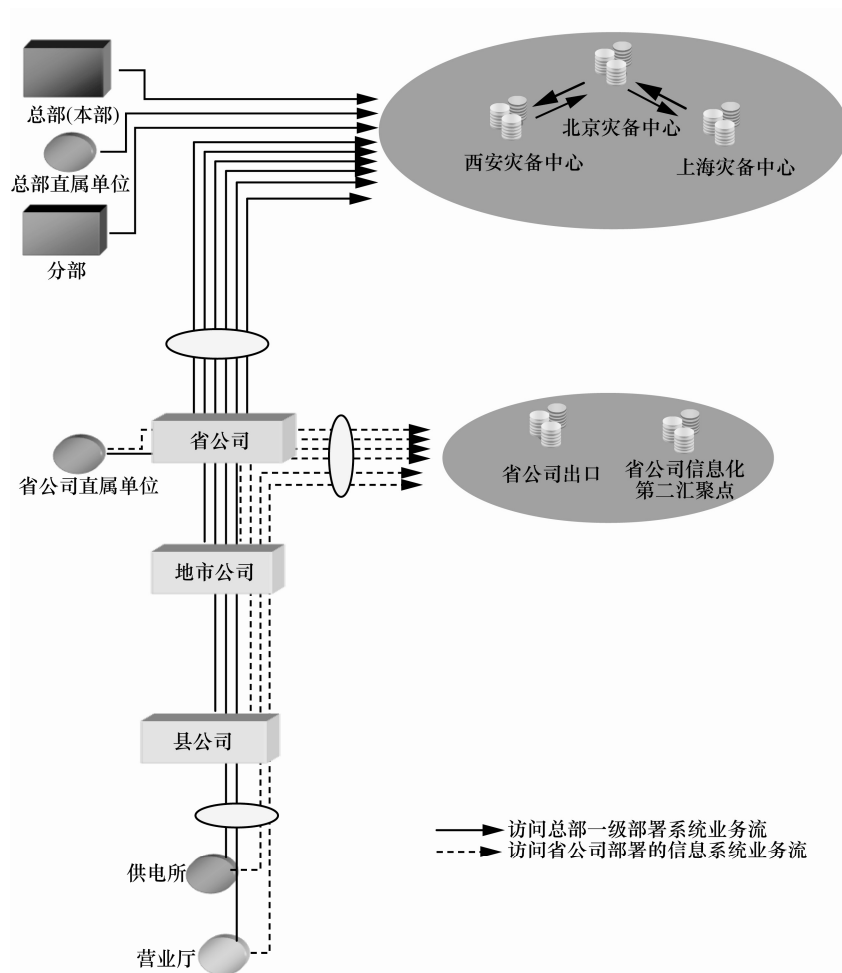
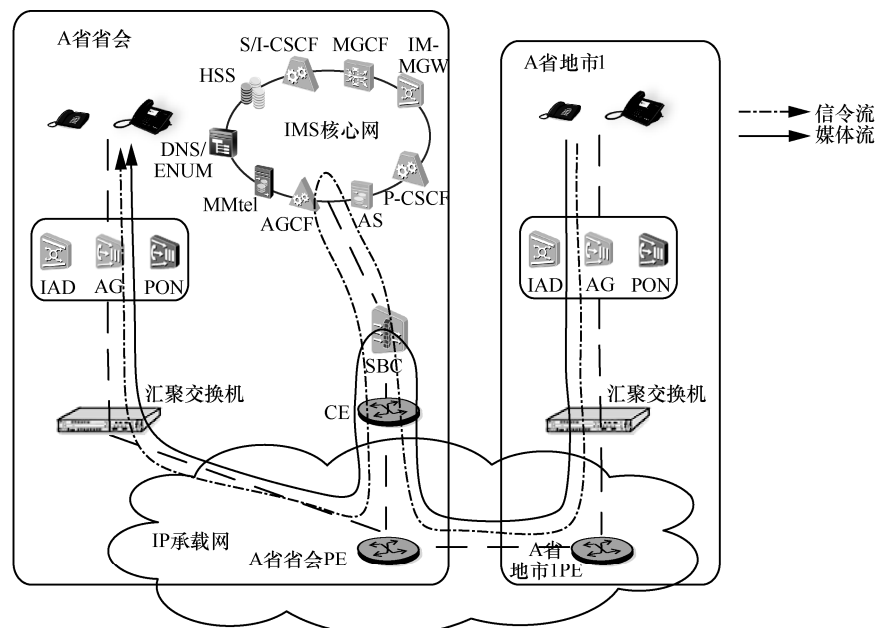
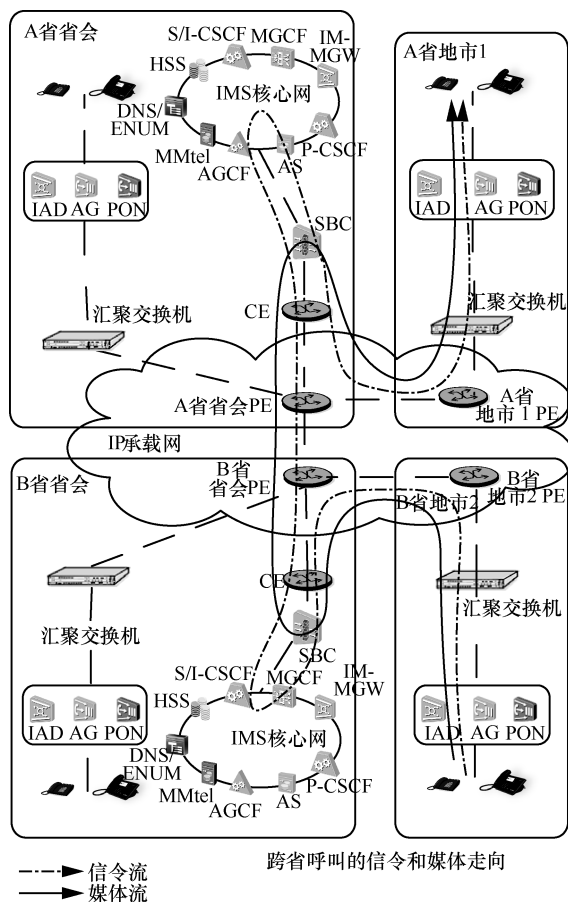


图 8 电力信息化业务流向模型



省内呼叫的信令和媒体走向

图9 省内用户呼叫业务流向模型



跨省呼叫的信令和媒体走向

图10 跨省用户呼叫业务流向模型

根据省内用户和跨省用户呼叫业务流向，可

以计算出 IMS 业务流量需求：

- 单路语音业务（G.711）媒体流带宽需求= $(624 \text{ bit}/20 \text{ Mbit/s}) + 64 \text{ kbit/s} = 95.2 \text{ kbit/s}$;
- 单路视频业务（H.263）媒体流带宽需求= $(624 \text{ bit}/20 \text{ Mbit/s}) + 384 \text{ kbit/s} = 415.2 \text{ kbit/s}$ 。

考虑话务模型，忙时每用户平均音频话务量取值 0.025 Erl，忙时每用户平均视频话务量取值 0.004 Erl。单路语音/视频业务对带宽需求为：

- 语音业务带宽= $0.025 \text{ Erl} \times 95.2 \text{ kbit/s} / 0.7 = 3.4 \text{ kbit/s}$;
- 视频业务带宽= $0.004 \text{ Erl} \times 415.2 \text{ kbit/s} / 0.7 = 2.37 \text{ kbit/s}$ 。

5.3 一体化电视电话会议业务流量模型

公司的一体化电视电话平台由专线硬视频、网络硬视频和网络软视频 3 部分构成。其业务流量需求是由视频会议召开的分辨率、帧率等参数进行单个会场节点接入带宽决定的，见表 3。

考虑省公司满足使用专线硬视频、网络硬视频分别同时召开 8 组会议、4 组软视频能力，在高清模式下，每个省公司的会议电视系统的出口业务流量为： $8 \times 4 \text{ Mbit/s} + 8 \times 4 \text{ Mbit/s} + 4 \times 4 \text{ Mbit/s} = 80 \text{ Mbit/s}$ ，

表 3 视频分辨率与带宽需求对应

清晰度	标清	高清	超高清
视频分辨率	480P(640 dpi×480 dpi)	720P(1 280 dpi×720 dpi)	1080P(1 920 dpi×1 080 dpi)
需求带宽	2 Mbit/s	4 Mbit/s	4 Mbit/s/8 Mbit/s

其中 32 Mbit/s 业务流量通过专线承载,而 48 Mbit/s 业务流量由数据通信网承载。

5.4 集中客服业务

集中客服系统是实现集中部署并对社会提供服务的 95598 平台业务,主要包括语音接入及业务支撑系统及平台,实现用户申告的受理及工单派发。按照客服中心的定位和功能,主要包括以下几类业务:电力用户的申告、申告接入、生成工单、派发工单、业务下达与资料

传输、监督执行。集中客服中心业务流向模型如图 11 所示。

按照每个电话的业务流量为 64 kbit/s 计算,考虑 N 个坐席同时并发,按照式 (2),则集中客服中心的峰值同时在线流量分别为:
 $N \times 64 \times 100\% / 1\,024\text{ Mbit/s} = 93.75\text{ Mbit/s}$ (N 取 1 500),即汇聚到集中客服中心节点的各省公司语音流量为 93.75 Mbit/s;如果考虑上述流量为 M (各省公司的汇聚总流量),则每个省公司的语音接

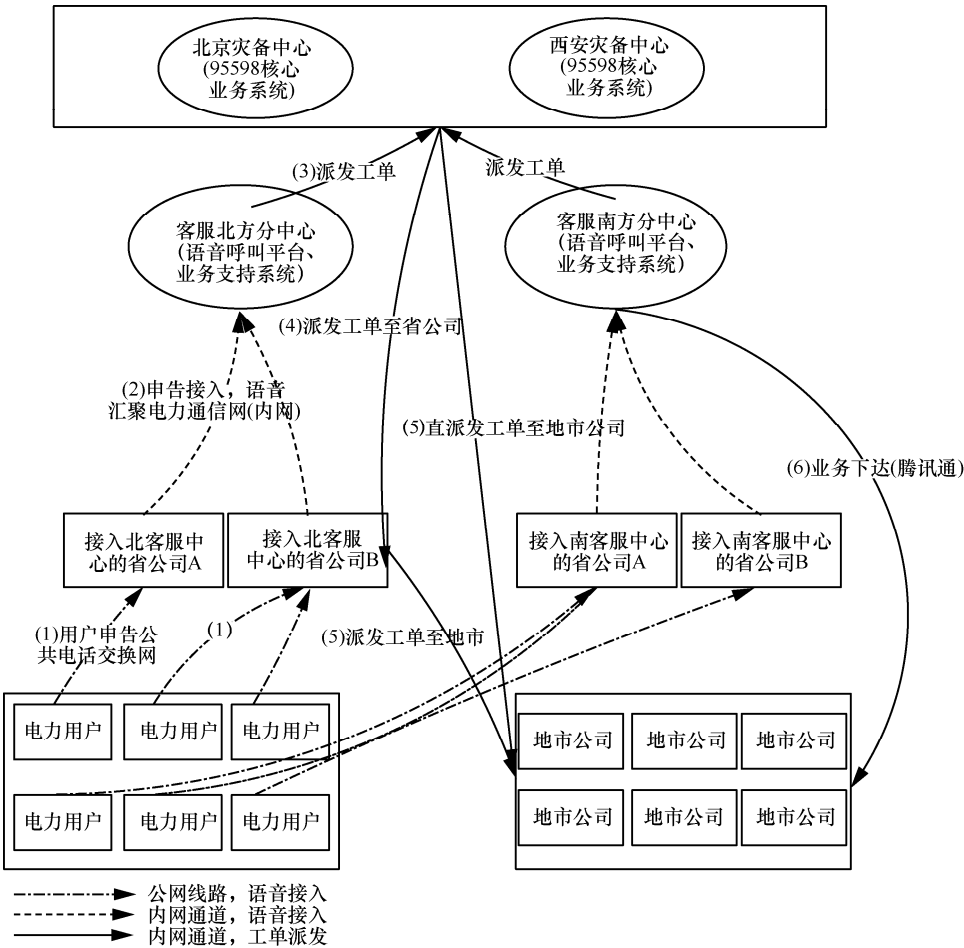


图 11 集中客服中心业务流向模型



入流量为 $93.75/M$ (Mbit/s), 如果为 10 个省公司, 则每省公司上联的语音业务流量为 9.375 Mbit/s; 同时考虑应急情况下的保障需求, 预留到每个省公司到集中客服中心的应急语音通道, 每条通道的带宽为 2 Mbit/s, 则每省公司上联的语音接入业务流量总为 $9.375 \text{ Mbit/s} + 2 \text{ Mbit/s} = 11.375 \text{ Mbit/s}$ 。

对于客服业务系统, 集中客服中心的坐席人员在接到用户申告或申请后, 会由相应的业务人员生成工单并派发到相应的执行单位, 则通过集中客服中心业务系统出口的总流量为 $M \times 900 \text{ kbit/s} \times 50\% / 1024 \text{ Mbit/s}$, 其中, 集中客服业务系统的基础流量为 900 kbit/s, 如按照集中客服中心每中心 5 000 名业务人员同时并发规模计算, 则集中客服中心的业务支持系统的出口流量分别为: $5000 \times 900 \times 100\% / 1024 = 439.3 \text{ Mbit/s}$, 按照 10 个省公司计算, 则每个省公司的平均业务流量为 $439.3 \text{ Mbit/s} / 10 = 43.93 \text{ Mbit/s}$ 。通过计算每个省公司接入的语音及业务系统流量, 则每个省公司上联到集中客服中心的业务流量为: $(11.375 + 43.93) = 55.305 \text{ Mbit/s}$ 。

5.5 云终端业务流量模型

云终端是一种新型业务, 对于云终端系统, 主要分为 3 种终端类型: 资源型桌面、标准型桌面、作业型桌面。对于不同类型的云终端, 在满足网络时延 $< 100 \text{ Mbit/s}$ 、分组丢失率 $< 1\%$ 的环境下可提供正常的云终端服务的前提下, 产生的业务流量如下:

- 资源型均值约 100 kbit/s 用户;
- 标准型均值约 80 kbit/s 用户;
- 作业型均值约 50 kbit/s 用户;
- 网络打印均值约 600 kbit/s 打印机, 采用网络加速设备后, 网络打印均值应降低至 300 kbit/s/打印机。

考虑万点用户规模 (资源型、标准型、作业型 3 种类型比例为 2:7:1), 则云终端应用产生的

业务流量为: $10000 \times (100 \text{ kbit/s} \times 20\% + 80 \text{ kbit/s} \times 70\% + 50 \text{ kbit/s} \times 10\%) \times 1.5 = 1215 \text{ Mbit/s}$; 考虑业务系统流量, 数据中心网络需求约为: $10000 \times (100 \text{ kbit/s} \times 20\% + 80 \text{ kbit/s} \times 70\% + 50 \text{ kbit/s} \times 10\%) \times 2 = 1620 \text{ Mbit/s}$, 实际具体云终端业务容量需求可以按照各单位实际用户数量进行统计并计算。万点用户打印机按 10% 的比例计算约为 1000 台, 按 10% 的并发打印考虑, 对网络的带宽需求为: $300 \text{ kbit/s} \times 1000 \times 10\% / 1024 = 29 \text{ Mbit/s}$ 。由于云终端仅访问本地打印机及本地数据中心桌面云服务器, 云终端业务仅对本地局域网及本级通信网的业务流量计算有影响。

6 结束语

智能电网电力骨干通信模型的研究对于提升电力通信部门对通信网的精细化管理水平具有重要意义, 成果的应用能够对未来承载电网生产及管理信息化业务的电力通信业务总流量进行预测, 指导通信网容量规划及技术体制选择, 同时也对于通信网络的优化设计具有重要指导价值。本文所提出的智能电网电力骨干通信网生产及管理信息化业务模型及单类业务流量模型与典型节点业务流量的计算方法, 已经应用于国家电网公司“十三五”通信规划, 为电力系统各级骨干通信网规划提供了科学指导与参考。

参考文献:

- [1] 赵子岩, 张大伟. 国家电网公司“十二五”电力通信业务需求分析[J]. 电力系统通信, 2011, 32(223): 56-60.
ZHAO Z Y, ZHANG D W. Analysis on the requirement of SGCC on telecommunication services in the “12th Five-Year Plan” period [J]. Telecommunications for Electric Power System, 2011, 32(223): 56-60.
- [2] 赵子岩, 胡浩. 一种基于业务断面的智能配用电通信网业务流量计算方法 [J]. 电网技术, 2011, 35(11): 12-17.
ZHAO Z Y, HU H. A new service section based method to calculate service data flow of communication network for smart power distribution and utilization system [J]. Power System Technology, 2011, 35(11): 12-17.

- [3] 周静, 刘贵荣, 赵子岩, 等. 电力骨干通信网资源优化配置与仿真研究[J]. 光通信技术, 2012(2): 34-36.

ZHOU J, LIU G R, ZHAO Z Y, et al. Research and simulation on the resource optimization for the power communication backbone network [J]. Optical Communication Technology, 2012(2): 34-36.

[作者简介]



赵子岩 (1975-), 男, 博士, 国家电网公司信息通信分公司高级工程师、技术保障中心主任助理。国家电网公司规划专业领军人才, 承担过多项国家、省部级及公司重大科技项目, 长期从事电力信息通信新技术应用及研究、电力信息通信网络运行管理、信息通信网络规划、信息通信标准化等工作。



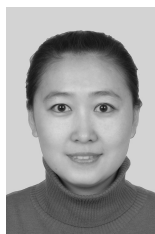
樊剑辉 (1978-), 男, 国家电网公司信息通信分公司高级工程师, 主要研究方向为信息通信专业。



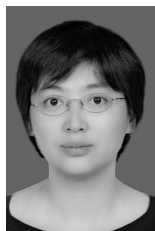
金鑫 (1985-), 女, 国家电网公司信息通信分公司工程师, 主要从事信息运维方面的工作。



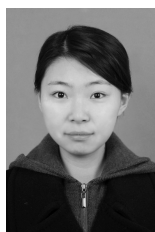
张大伟 (1979-), 男, 国家电网公司信息通信分公司政工师、安全生产部副主任, 主要从事信息通信规划、计划以及信息通信实物资产管理方面的工作。



刘洋 (1981-), 女, 国家电网公司信息通信分公司高级工程师、信息通信调度监控中心系统运行处副处长, 主要从事电力通信网运行管理方面的工作。



马丽 (1978-), 女, 国家电网公司信息通信分公司高级工程师, 主要从事信息通信运维及管理方面的工作。



邹晓颖 (1988-), 女, 国家电网公司信息通信分公司工程师, 主要从事信息运维方面的工作。