



国家电网 IMS 承载网网络架构设计方案及带宽测算方法

曲振华

(中国信息通信研究院, 北京 100191)

摘要: 深入研究和对比分析了国家电网 IMS 承载网的网络架构设计方案, 包括骨干侧网络架构设计方案和过渡期网络架构设计方案, 并依据网络架构、媒体流和信令流走向提出了 IMS 交换网对数据通信网骨干侧、接入侧的带宽需求和测算方法, 对国家电网建设 IMS 承载网具有指导意义。

关键词: IMS 承载网; 网络架构设计; 带宽测算方法

中图分类号: TN915.85

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017219

Design of network architecture and method of bandwidth measure for IMS bearer network of State Grid

QU Zhenhua

China Academy of Information and Communication Technology, Beijing 100191, China

Abstract: The design of network architecture for IMS bearer network of State Grid was studied and analyzed, including the backbone of the network architecture and transition network architecture. And according to the network architecture, media flow and signaling flow, the IMS switching network on the data communication network backbone side, access side of the bandwidth requirements and measurement methods were put forward, which have a guiding significance for the construction of IMS bearer network of State Grid.

Key words: IMS bearer network, design of network architecture, method of bandwidth measure

1 引言

目前国家电网公司交换网正从以电路交换技术为主的程控交换网向以 IP 技术为主的下一代交换网演进, 随着软交换、IMS (IP multimedia subsystem, IP 多媒体子系统) 等分组交换技术日益成熟、标准不断完善、应用逐步普及, 调度交换网发展面临着技术演进、网络结构调整、设备更新等一系列挑战。按照技术发展方向, 结合电

网实际发展需求, 下一代调度交换网采用 IMS 技术体制, 而数据网作为承载网络, 其性能决定了 IMS 业务的服务质量, 因此需要根据 IMS 业务特征设计承载网络架构和测算带宽, 以指导承载网的建设。

2 IMS 承载网网络架构设计方案

2.1 骨干侧网络架构设计方案

骨干侧网络架构设计包括数据通信骨干网、



省级数据通信网、网络边缘路由器（PE）设备和用户边缘路由器（CE）设备，数据通信骨干网已形成核心层和骨干层两层扁平化网络架构，同时按照异地容灾要求建设，数据通信骨干网网络架构保持现有拓扑不变。

数据通信骨干网下沉至各单位节点共有两个机房：省公司主机房、第二汇聚点。省公司主机房部署两台 PE 设备（PE1、PE2），第二汇聚点部署一台 PE 设备（PE3），省级数据通信网通过国网 PE1、PE3 接入数据通信骨干网。省级数据通信网网络部署有如下 3 种方案。

骨干侧网络架构设计方案 1 如图 1 所示。由图 1 可知，每单位新增两台 IMS CE 设备，分别部署在省公司主机房和第二汇聚点，采用口字型网络结构上联两台省 PE 设备，IMS CE 与省 PE 之间部署 OSPF（open shortest path first，开放最短路径优先）协议。每套 IMS 系统配置两台组网交换机：一台组网交换机汇聚所有 IMS 设备的主用端口，另一台组网交换机汇聚所有 IMS 设备的备用端口。IMS 设备经过 IMS 组网交换机汇聚后，分别采用吉比特以太网 GE 链路上行两台 IMS CE 设备。IMS CE 设备保护采用增强型 VRRP，即

VRRP+BFD 的技术实现 50 ms 切换。图 1 中，CE1 为主节点（master），CE2 为备份节点（backup），CE1 和 CE2 都通过连接核心网设备，接入信令和媒体流业务。当 CE1 整机重启或断电时，通过 VRRP，CE2 被选为主节点。同时核心网设备通过 BFD 协议能够快速感知到 CE1 设备故障，从 IMS-CE1 快速切换到 IMS-CE2 这条链路。

省级数据通信网网络架构复杂，根据调研，大多数省份都具备 PE 设备。考虑节省传输资源以及异地容灾保护，每个地市部署两台 PE 设备，分别部署在不同机房，通过省级数据通信网与省 PE 互通。考虑减少接入设备对 PE 设备的端口需求，每个地市新增两台汇聚交换机作为地市 CE 设备，对接入设备进行汇聚，采用口字型网络结构接入地市两台 PE 设备。省公司 PE1、PE2 通过省级数据通信网接入国网数据通信骨干网，地市 PE1、PE2 通过省级数据通信网接入省公司 PE1、PE2，与数据通信骨干网在同一自治区域内，要求所有 PE 设备具备支持 ISIS、MPLS VPN 部署能力。数据通信骨干网、省公司以及地市 PE 设备部署 ISIS 路由协议，采用 MPLS VPN 区分 IMS 业务。

方案 1 中，省公司 A 机房 IMS CE 与第二汇

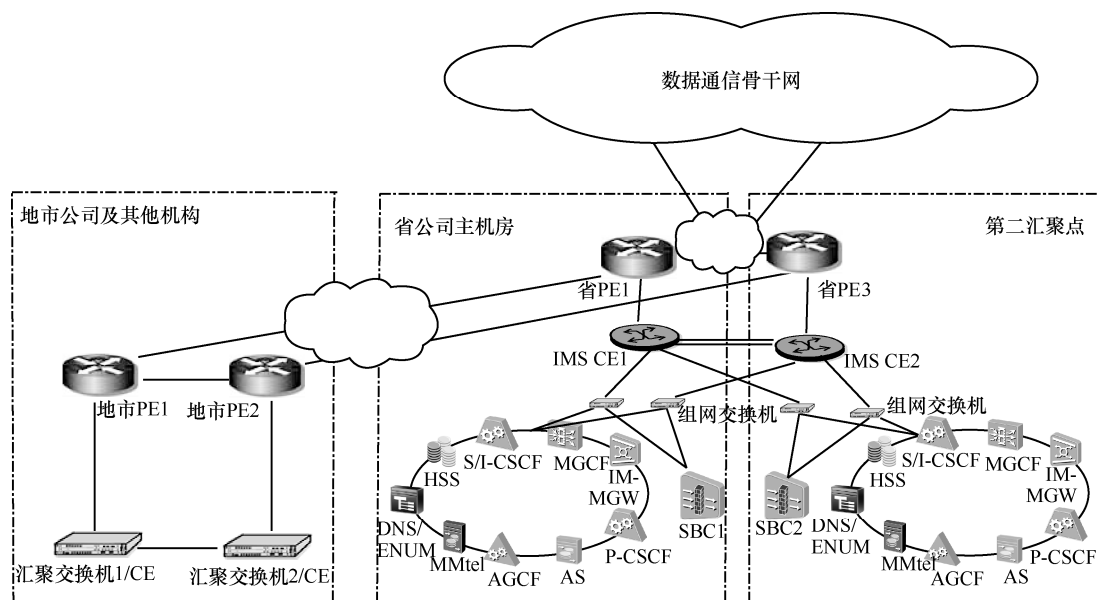


图 1 骨干侧网络架构设计方案 1

聚点 IMS CE 设备之间需新增两条不同路由的 GE 物理链路, 采用 Eth-trunk 将两条物理链路捆绑成一条逻辑链路, 配置为二层端口。两台 IMS CE 设备之间需要部署两条跨局链路, 组网交换机至异局址 IMS CE 需要部署两条跨局链路, 共需新增 4 条跨局链路, 可采取裸光纤或者传输链路。当各单位单一机房无法具备两台省 PE 设备, 但具备 4 条跨局链路资源时, 可优选方案 1。

骨干侧网络架构设计方案 2 如图 2 所示。由图 2 可知, 方案 2 协议部署与方案 1 完全相同, 仅对组网交换机至 IMS CE 之间的链路做一些调整。主备 CE 之间只需新增一条 GE 链路, 两台组网交换机(备)之间新增一条 GE 链路, 同时每个局点组网交换机(备)至同局点 CE 之间增加一条 GE 链路。两台 CE 及两台组网交换机(备)之间为口字型网络结构, 且为二层网络, 形成环路, 需部署 STP (spanning tree protocol, 生成树协议) 防止环路。通过 STP, 阻断两台组网交换机(备)之间的链路。当其他链路发生故障时, 启用该链路, 从而达到保护的效果。正常情况下, 主备 CE 设备以及主备 SBC 之间的 VRRP 心跳报文通过主备 CE 之间的互联链路传输, 当该链路

发生故障时, 通过 STP 启用两台组网交换机(备)之间的链路传输心跳报文。

方案 2 比方案 1 节省两条跨局直连链路, 新增两条同局直连链路。但会引起环路, 需配置 STP 防止环路。方案 2 中, 两台 IMS CE 设备之间需要部署一条跨局链路, 两台组网交换机(备)之间需要部署一条跨局链路, 共需新增两条跨局链路, 可采取裸光纤或者传输链路。当各单位单一机房无法具备两台省 PE 设备, 但仅具备两条跨局链路资源时, 优选方案 2。

骨干侧网络架构设计方案 3 如图 3 所示。由图 3 可知, 每单位新增 4 台 IMS CE 设备, 每个局点部署两台 IMS CE 设备。每两台 IMS CE 设备采用口字型网络结构上联两台省 PE 设备, IMS CE 与省 PE 之间部署动态路由协议 OSPF。每套 IMS 系统配置两台组网交换机: 一台组网交换机汇聚所有 IMS 设备的主用端口, 另一台组网交换机汇聚所有 IMS 设备的备用端口。IMS 设备经过 IMS 组网交换机汇聚后, 分别采用 GE 链路上行同局点两台 IMS CE 设备。IMS CE 设备保护采用增强型 VRRP, 即 VRRP+BFD 的技术实现 50 ms 切换。

每个地市部署两台 PE 设备, 分别部署在不同

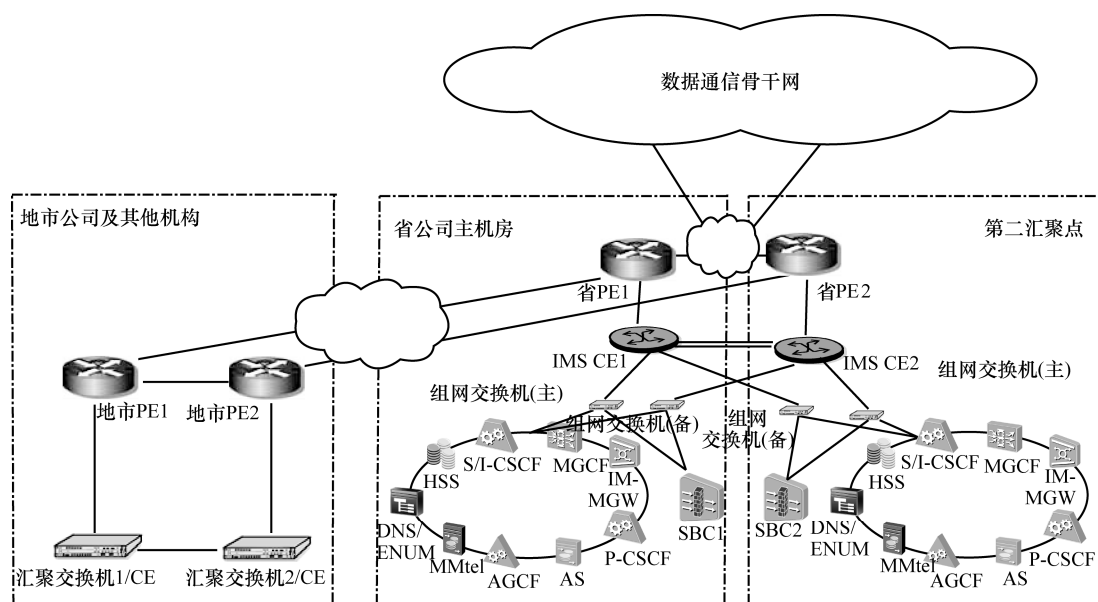


图2 骨干侧网络架构设计方案 2

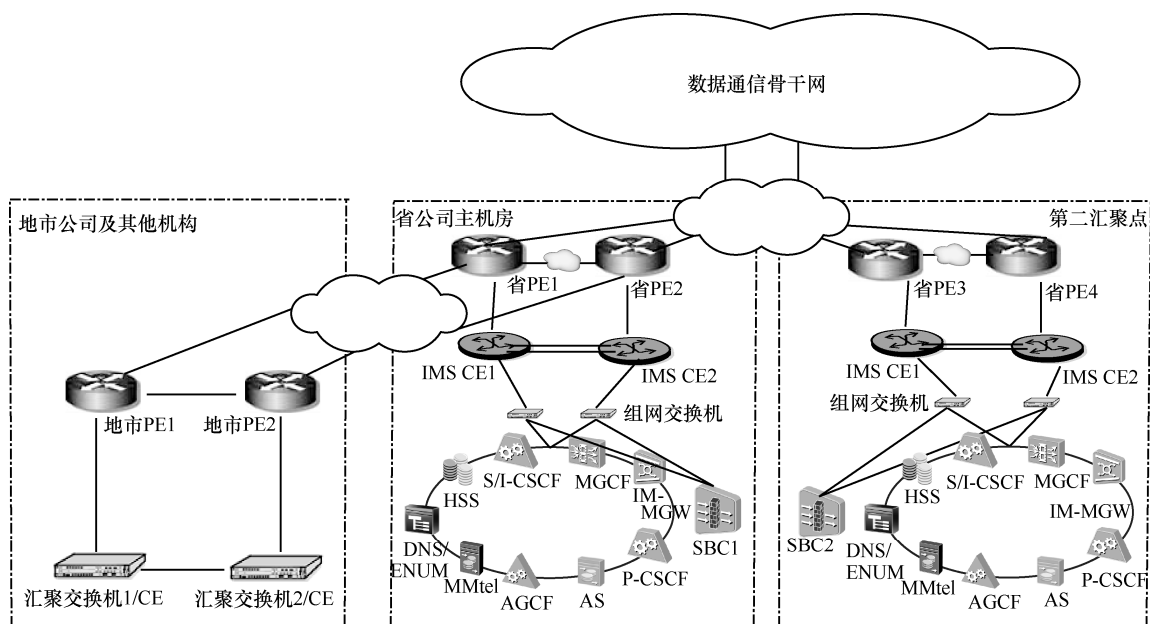


图3 骨干侧网络架构设计方案3

机房,通过省级数据通信网与省PE互通。考虑减少接入设备对PE设备的端口需求,每个地市新增两台汇聚交换机作为地市CE设备,对接入设备进行汇聚,采用口字型网络结构接入地市两台PE设备。省公司PE1、PE2、PE3、PE4通过省级数据通信网接入国网数据通信骨干网,地市PE1、PE2通过省级数据通信网接入省公司PE1、PE2,与数据通信骨干网在同一自治区域内,要求所有PE设备具备支持ISIS、MPLS VPN部署能力。数据通信骨干网、省公司以及地市PE设备部署ISIS路由协议,采用MPLS VPN区分IMS业务。

国家电网公司总部每个局点具备两台PE设备,同时总部网络管理要求不同局点的CE设备不允许直连,因此提出方案3。方案3中,主备SBC之间的心跳报文以及备份数据均通过三层数据通信网传输,不再需要在跨局机房间新增直连链路,节省了跨局直连链路资源,满足了总部网络管理要求,但要求SBC设备具备心跳报文和备份数据可以在三层数据通信网传输的能力。方案3的跨局机房间不需要新增直连链路,SBC的心跳报文以及备份数据通过三层数据通信网传输,本

方案仅适用于国家电网公司总部。

2.2 骨干侧网络过渡期网络架构设计

骨干侧网络分为数据通信骨干网和省级数据通信网,数据通信骨干网保持现有网络架构不变,省级数据通信网过渡期同样保持现有网络架构不变。省级数据通信网目前未与数据通信骨干网直连,而是采用各种业务专属CE设备作为中介,实现与数据通信骨干网的互通。针对IMS业务的省级数据通信网与数据通信骨干网互通,有如下3种互通方案。

骨干侧网络过渡期架构设计方案1如图4所示。由图4可知,省网PE与国网PE直连,实现省级数据通信网与数据通信骨干网的互通。省级数据通信网和数据通信骨干网分别属于不同的自治区域,采用option A实现IMS VPN的跨域访问。方案1的路由跳数最少(1跳),转发效率高,但是配置和维护复杂。

骨干侧网络过渡期架构设计方案2如图5所示。由图5可知,通过新增两台IMS CE设备分别采用口字型网络架构上联省网PE和国网PE,实现省级数据通信网与数据通信骨干网的互通。省网PE与

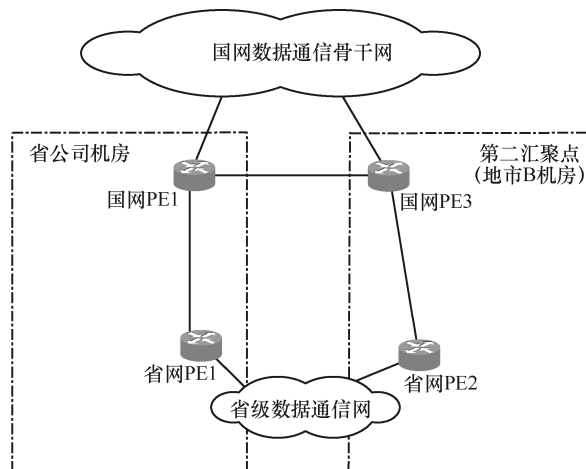


图4 骨干侧网络过渡期架构设计方案1

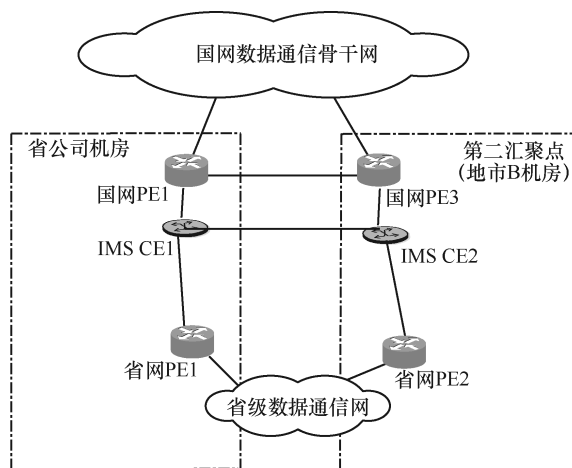


图5 骨干侧网络过渡期架构设计方案2

IMS CE 根据省级数据通信网的路由部署原则部署相应的 IGP (目前一般为 OSPF), IMS CE 与国网 PE 之间根据数据通信网骨干网的路由部署原则部署 EBGp。目前视频业务的互通采用该方案, 该方案路由跳数适中 (2 跳), 通过 OSPF、EBGP 将路由发布到网络中, 实现 IMS VPN 的跨域互通。

骨干侧网络过渡期架构设计方案3如图6所示。由图6可知, 省网 CE (各省自有 CE 设备) 与 IMS CE 直连, 实现省级数据通信网与数据通信骨干网的互通。省网 CE 与 IMS CE 根据省级数据通信网的路由部署原则部署相应的 IGP (目前一般为 OSPF), IMS CE 与国网 PE 之间根据数据通信网骨干网的路由部署原则部署 EBGp。目前信息业务的互通采用该方案, 该方案路由跳数最多 (3 跳), 且 CE 设备

数量需求最多 (4 台), 通过 OSPF、EBGP 将路由发布到网络中, 实现 IMS VPN 的跨域互通。

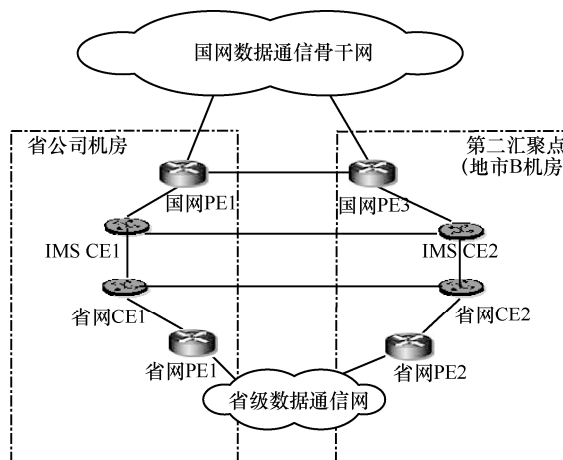


图6 骨干侧网络过渡期架构设计方案3

综合考虑配置维护复杂度、CE 设备需求量以及转发效率, 过渡期省级数据通信网与数据通信网骨干网采用方案2实现互通, 具体的拓扑架构如图7所示。由图7可知, IMS 设备经过 IMS 组网交换机汇聚后, 双上行两台 IMS CE 设备; IMS CE 设备通过口字型网络架构分别上联省网 PE 设备和国网 PE 设备。两台 IMS CE 之间部署增强型 VRRP 实现冗余备份保护; IMS CE 设备与省网 PE 设备之间部署 OSPF 协议, IMS CE 设备与国网 PE 设备之间部署 EBGp, 通过 OSPF、EBGP 将路由发布到网络中, 实现 IMS VPN 的跨域互通。

3 IMS 承载网带宽测算方法

根据 IMS 核心网带宽需求、SBC 带宽需求 (包含媒体流和信令流的带宽需求) 以及媒体流和信令流的流量走向, 结合 SBC 的带宽测算承载网设备的带宽需求。

3.1 IMS 交换网对数据通信网骨干侧设备的带宽需求测算

3.1.1 IMS 业务流量走向分析

(1) 省内用户呼叫

省内呼叫的信令流和媒体流走向如图8所示。由图8可知, 省内用户互打电话, 分信令流和媒

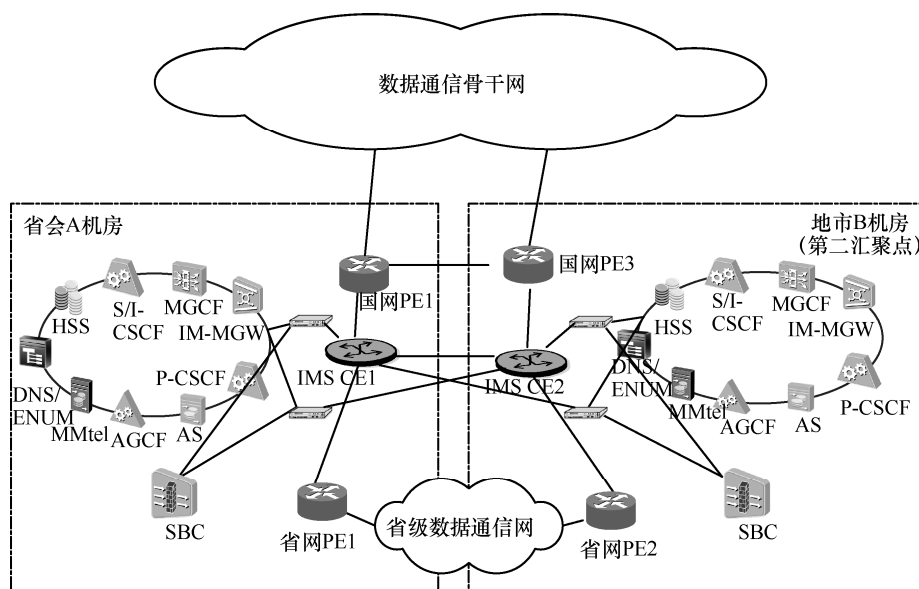


图7 过渡期省级数据通信网与数据通信网骨干网互通拓扑架构

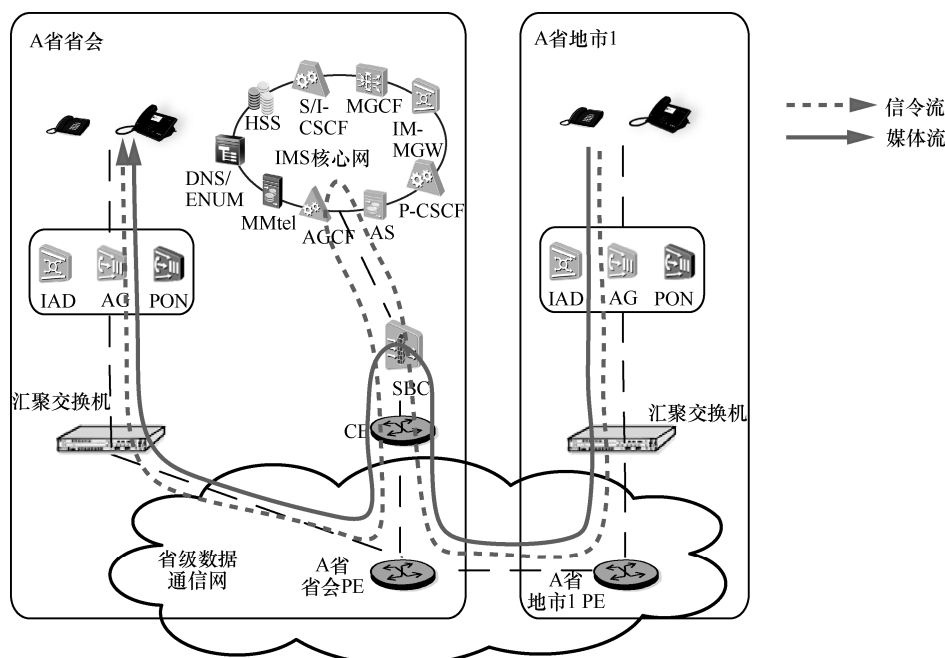


图 8 省内呼叫的信令流和媒体流走向

体流两种类型流量。其中信令流流量走向为：地市用户电话—地市接入网—地市 PE—省会 PE—IMS CE—SBC—IMS 核心网—SBC—IMS CE—省会 PE—省会接入网—省会用户电话；媒体流流量走向为：地市用户电话—地市接入网—地市 PE—省会 PE—IMS CE—SBC—IMS CE—省会 PE—省会接入网—省会用户电话。

(2) 跨省用户呼叫

跨省呼叫的信令流和媒体流走向如图9所示，由图9可知，跨省用户互打电话，同样分信令流和媒体流两种类型流量。其中信令流流量走向为：B省地市用户电话—B省地市接入网—B省地市PE—B省省会PE—B省IMS CE—B省SBC—B省IMS设备—B省IMS CE—B省省会PE—国网

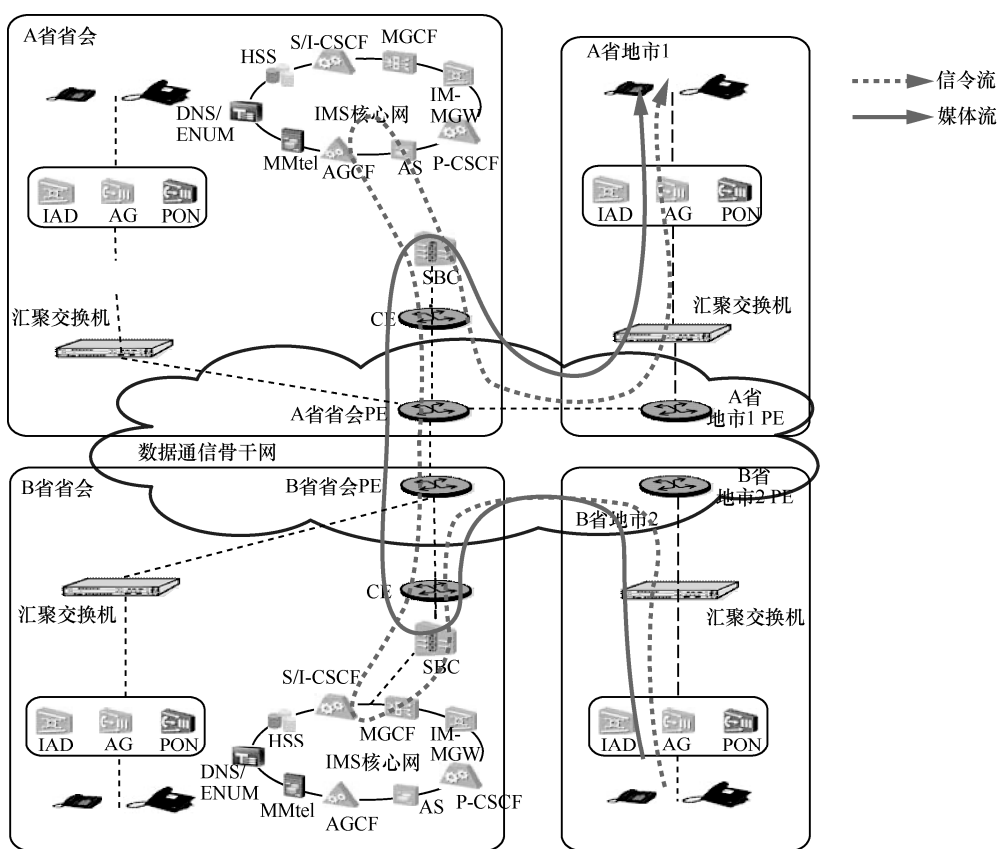


图9 跨省呼叫的信令流和媒体流走向

数据通信骨干网—A 省省会 PE—A 省 IMS CE—A 省 IMS 设备—A 省 SBC—A 省 IMS CE—A 省省会 PE—A 省地市 PE—A 省地市接入网—A 省地市用户电话；媒体流流量走向为：B 省地市用户电话—B 省地市接入网—B 省地市 PE—B 省省会 PE—B 省 IMS CE—B 省 SBC—B 省 IMS CE—B 省省会 PE—国网数据通信骨干网—A 省省会 PE—A 省 IMS CE—A 省 SBC—A 省 IMS CE—A 省省会 PE—A 省地市 PE—A 省地市接入网—A 省地市用户电话。

3.1.2 IMS 交换网对数据通信网骨干网设备带宽需求测算

根据省内用户和跨省用户呼叫流量走向，可以推导出 IMS 交换网对数据通信网带宽需求。

(1) 对地市 PE 设备带宽需求

地市所有呼叫必须经过地市 PE 汇聚到达

SBC，因此地市 PE 设备的带宽需求即地市 SBC 带宽（本次所有地市 SBC 带宽根据全省 SBC 平均带宽进行测算，假设全省共 N 个地市，地市 SBC 带宽=全省 SBC 带宽/ N ）。

(2) 对省会 PE 设备带宽需求

省内所有呼叫都必须经过省会 PE 设备汇聚到达 SBC，根据流量走向，省会 PE 设备与各地市 PE 设备相连端口带宽需求即各地市 SBC 带宽；省会 PE 设备与 IMS CE 设备相连端口带宽需求为全省 SBC 带宽；省会 PE 设备与数据通信骨干网相连端口带宽需求为该省出省话务流量（约为全省 SBC 带宽的 1/10）。

(3) 对 IMS CE 设备带宽需求

全省所有呼叫必须经过 IMS CE 设备到达 SBC，因此 IMS CE 设备的带宽需求即全省 SBC 带宽。地市 PE 下联端口为与接入网设备相连端



口, 上联端口为与省公司 PE 相连端口; 省公司 PE 下联端口为与地市 PE 设备相连端口, 上联端口为与数据通信骨干网设备相连端口; IMS CE 下联端口为与省公司 PE 设备相连端口, 上联端口为与 SBC、IMS 相连端口。

根据数据通信网 PE 设备的带宽现状以及 IMS 交换网部署对 PE 设备的带宽需求, 测算得出数据通信网所有 PE 设备均满足 IMS 交换网部署对 PE 设备的带宽需求。

3.2 IMS 交换网对数据通信网接入侧设备的带宽需求测算

IMS 的接入设备和终端支持语音和视频通信, 语音和视频通信还需要信令流完成与 IMS 核心网的交互。在接入网范围内, 语音、视频和信令流都是混合在一个通道内传输, 而且单路语音和视频所需带宽远远大于信令流的带宽, 因此, 计算视频和语音通信所占带宽可以忽略信令流的带宽。

(1) 语音媒体流

语音媒体流采用非压缩的语音编码格式 G.711, 并加上承载网协议的头部开销, 单路语音的媒体流带宽为:

$$\text{语音业务 (G.711) 媒体流带宽} = (624 \text{ bit}/20 \text{ ms}) + 64 \text{ kbit/s} = 95.2 \text{ kbit/s} \quad (1)$$

为使计算简单, 取定单路语音的媒体流带宽为 100 kbit/s。

每线用户话务量=0.025 erl (爱尔兰), 承载网带宽冗余系数=1/0.7。

根据以上的参数, 计算得到单个语音用户所占用的带宽为:

$$\text{单个语音用户所占用的带宽} = 100 \times 0.025 \times 1/0.7 = 4 \text{ kbit/s} \text{ (取整到个位)} \quad (2)$$

考虑到接入网带宽的常见颗粒度为 1 Mbit/s, 因此, 多个用户的语音接入设备的带宽为:

$$\text{语音接入设备的上行带宽} = \begin{cases} 1 \text{ Mbit/s} (N < 250) \\ 4K \cdot N (N \geq 250) \end{cases} \quad (3)$$

(单位: bit/s)

其中, N 为用户数, 根据式 (3), 计算当上行链路为 100 Mbit/s 的以太网时, 设备接入的最大用户数为 2.5 万户。

一般来说, 即便是采用大容量的 AG 设备, 单台 AG 接入的用户远远不到 2.5 万户, 所以只要语音设备的上行链路采用 100 Mbit/s 的 FE 接口, 就可以满足绝大多数场景下语音的承载需求。

(2) 视频媒体流

单路视频业务 (H.263) 媒体流带宽需求为:

视频业务 (H.263) 媒体流带宽需求

$$= (624 \text{ bit}/20 \text{ ms}) + 384 \text{ kbit/s} = 415.2 \text{ kbit/s} \quad (4)$$

为了保障视频的传输质量, 承载网设计为轻载化的网络, 取定单路视频业务的媒体流带宽为 1 Mbit/s。

4 结束语

本文根据国家电网 IMS 交换网的发展现状和需求, 分别提出了承载网骨干侧、过渡期网络架构设计多种方案, 并对不同方案进行对比分析, 根据不同场景提出建设方案的建议。另外, 根据承载网络架构、省内/跨省呼叫的信令流和媒体流走向, 提出了 IMS 交换网对承载网骨干侧、接入侧的带宽需求和测算方法, 指导国家电网 IMS 承载网建设。

参考文献:

- [1] 卜宪德, 李守用, 李炳林, 等. 电力 IMS 接入网演进及综合接入方式[J]. 电信科学, 2015, 31(Z1): 148-152.
BU X D, LI S Y, LI B L, et al. Power IMS access network evolution and integrated method[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(Z1): 148-152.
- [2] 3GPP. Service requirements for the IP multimedia core network subsystem: TS22.228[S]. 2016.
- [3] 3GPP. Signaling flows for the session setup in the IMS based on SIP and SDP: TS24.930[S]. 2016.
- [4] 3GPP. Technical specification group core network; numbering, addressing and identification: TS23.003[S]. 2016.
- [5] 罗松, 苏晓旭. 国家电网公司 IMS 行政交换网业务发展需求和展望[J]. 电信网技术, 2015(6): 37-40.
LUO S, SU X X. Requirement and outlook of SGCC IMS ad-

- ministrative exchange network[J]. Telecommunications Network Technology, 2015(6): 37-40.
- [6] 王晓东, 任莹. IMS 在电力系统中的应用[J]. 吉林电力, 2016, 44(2): 39-42.
- WANG X D, REN Y. Application of IMS in power system[J]. Jilin Electric Power, 2016, 44(2): 39-42.
- [7] 李皎. 应用 IMS 新技术推动电网生产智能化发展[J]. 华北电力, 2016(2): 74-75.
- LI J. Application of IMS new technology to promote intelligent development of power grid production[J]. North China Power,

2016(2): 74-75.

[作者简介]



曲振华 (1982-), 女, 中国信息通信研究院工程师, 主要从事 IMS 技术研究、IMS 相关行业/企业标准制定以及 IMS 业务测试和设备测试等方面的工作。