弹性光网络架构理论模型和层次划分研究

冯春柳[1]，朱秋莎[2]

（1. 广东电网有限责任公司茂名供电局，广东 茂名 525000；2. 华北电力大学，北京市 102206）

摘要：主要依据传送层承载的业务带宽的粒度、弹性需求、弹性光网络电域支持的弹性能力及可扩展性等诸多因素进行研究，同时兼顾弹性光网络电域和光域之间的适配和承载关系、光网络演进思路等关联因素。最后提出了弹性光网络资源管控层的划分、弹性业务应用层的划分、弹性光网络管理层划分以及现有网络向弹性光网络演进方案。

关键词:电力通信网；弹性光网络；网络架构；层次划分

Research on the theoretical model and hierarchical division of elasto-optical network architecture

FENG Chunliu[1], ZHU Qiusha[2]

(1. Maoming Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Maoming 525000, China;2. North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: Mainly studies many factors, such as the granularity and elastic demand of the service bandwidth carried by the transport layer, the elasticity and scalability of the electro-domain support of the elasto-optical network, taking into account the adaptation and load relationship between the electro-domain and the optical domain of the elasto-optical network, the evolution of the optical network and so on. Finally, the division and of the resource management and control layer of the elasto-optical network, the division of elasticity service application layer and management layer of elastic optical network, and the evolution scheme from existing network to elastic optical network are proposed.

Key words: power communication network; elastic optical network; network architecture; hierarchical division

0 引言

基于“十三五”通信网规划前期研究积累的成果，梳理电力骨干传输网建设现状及多业务承载现状，重点分析管理信息化（SG－ERP）、容灾和数据中心、南北客服中心及视频类大颗粒业务带宽动态调整需求，适当考虑生产调度类业务实时可靠需求，提出需求分析模型，为确定骨干传输网中的弹性光网络体系架构奠定基础，并通过资料收集、电话会议、座谈交流和现场考察等多种方式跟踪骨干传输网最新建设情况，及时优化技术路线。

广东电网有限责任公司科技项目GDKJXM20162098(030900KK52160010)

1 电力骨干传输网建设现状分析

目前电力骨干传输网包括SDH、DWDM、

OTN和PTN等多种技术体制，其中SDH骨干电路传输速率为10 Gbit/s或2.5 Gbit/s，支环和支链采用2.5 Gbit/s或622 Mbit/s速率。DWDM的传输速率为$N \times 10$ Gbit/s，OTN的传输速率为单波10 Gbit/s，波道数量根据业务需求配置，DWDM的传输速率为10 Gbit/s或1 Gbit/s。

按照电网生产运行及企业管理经营的特点，电力通信网承载的业务类型可划分为电网生产调度、管理信息化两大类业务，如图1所示。

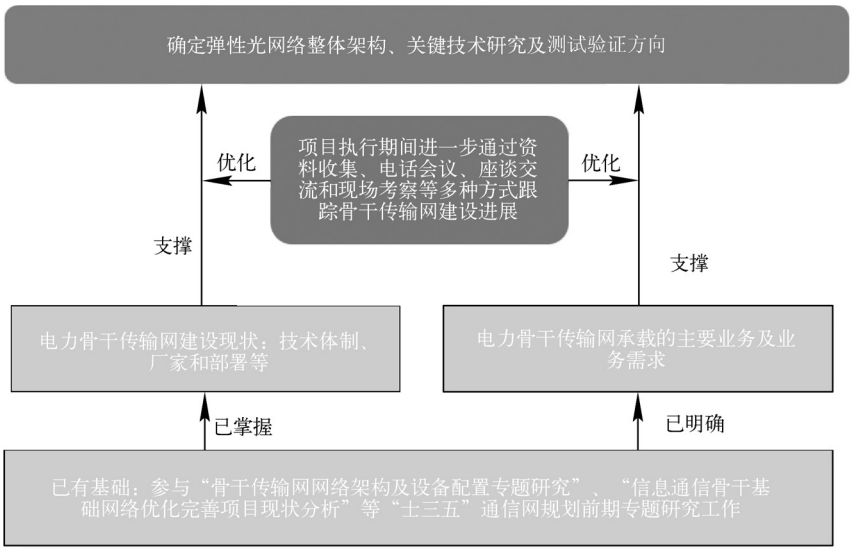

图1 电力骨干传输网现状调研及需求分析研究路线图

Fig. 1 Road map of current situation investigation and demand analysis of power backbone transmission network

2 容量预测模型及典型业务需求分析

2.1 容量预测模型

测算公式为：各业务断面流量=基本业务流量×链路数量×冗余系数（φ_1）×容灾系数（φ_2）×并发比例

模型考虑了预留的业务容量，即冗余系数φ_1。根据每个业务子断面测算的业务流量，分别预留30%的带宽，以方便日常电路调配和应急使用，φ_1均取1.3。

模型考虑了每个子断面的容灾需求，即冗余系数φ_2。对于以时分业务为主的业务子断面，容灾系数φ_2取2；对于以IP业务为主的业务子断面，由于IP网络技术能够保障业务自身具备重路由功能，容灾系数φ_2取1。

2.2 颗粒弹性业务需求分析

目前电力骨干传输网中的大颗粒业务主要包括管理信息化（SG－ERP）、灾备中心和视频类业务。

系统继电保护、安全自动装置和调度自动化等电力系统专有小颗粒业务主要用于传送各类远方保护及安全稳定控制信号，是保证电网安全、稳定运行必不可少的传输信号，要求具有极高的可靠性、依赖性和较短的传输时延。

3 提出弹性光网络架构构建方法原则

弹性光网络是基于光电层弹性的多层传送机制，传送层抽象与控制层资源智能协同管控，面向业务应用的可编程标准化开放接口，构建弹性灵活、智能动态和开放融合的新一代光网络体系架构。为满足面向电力骨干传输网的多粒度业务接入、多层面传送技术并存、多区域层级网络互通以及弹性带宽动态调整等业务需求，需从以下几点出发研究弹性光网络架构构建的原则和方法。

1）多粒度传送层，具备满足从Mbit到百Gbit多种速率的业务接入能力和交换粒度，包

含光波长层、光频谱层、ODUk电交换层和分组层等多层传送和弹性交换机制。

2）层次化异构性。弹性光网络架构应支持光传送网络基础架构的异构性，支持面向各类传送技术融合统一控制，实现跨层面、跨技术和跨网络的端到端资源统一调控和优化机制。

3）多域扩展性。弹性光网络架构应支持传送网根据地域、管理和厂商等策略划分控制域，支持管控功能层次化嵌套，以实现电力光传输骨干网的扩展性和灵活部署，包括网络中的节点数量、域数量和地域的大规模扩展能力。

4）抽象和解耦。架构要支持软件和硬件解耦，需将网络管控与传送层功能分离，通过传送资源的抽象技术，屏蔽不同光传送设备、技术层细节，简化复杂和私有的设备控制管理协议，实现标准化接口互通、业务能力开放和弹性掌控。

5）兼容性。弹性光网络不仅面向未来，还要兼顾现有，其架构必须保证与电力现有传送设备、业务和管理系统的兼容，支持与现有设备和网络管理系统共存，支持现有网络和业务向弹性光网络架构的演进和过渡。

4 弹性光网络架构理论模型和层次划分

主要依据传送层承载的业务带宽的粒度、弹性需求、弹性光网络电/光域支持的弹性能力和可扩展性以及传送层与控制层之间的互动关系等诸多因素进行开展，同时兼顾弹性光网络电域和光域之间的适配和承载关系、现有光网络组网应用模式和未来向弹性光网络演进思路等关联因素。弹性传送层研究至少涵盖弹性光通道和频谱交换传送层、基于ODUk的灵活OTN电交换传送层、基于以太网/MPLS－TP的弹性分组交换传送层以及基于小颗粒时分复用的SDH交换传送层，如图2所示。

4.1 弹性光网络资源管控层的划分研究

弹性光网络资源管控层，通过网络资源抽象功能和南向传送控制接口（D－CPI）对不同类型的传送网元设备进行管理，融合各类传送资源形成统一的视图，构建网络资源池，同时为上层业务应用提供标准开放的网络接口和服务平台。为满足弹性光网络异构传送技术协同管控和多域网络管控互通扩展需求，弹性资源管控层支持内部层次化控制器，并通过分层迭代方式构成层次化控制架构。由下层控制器分

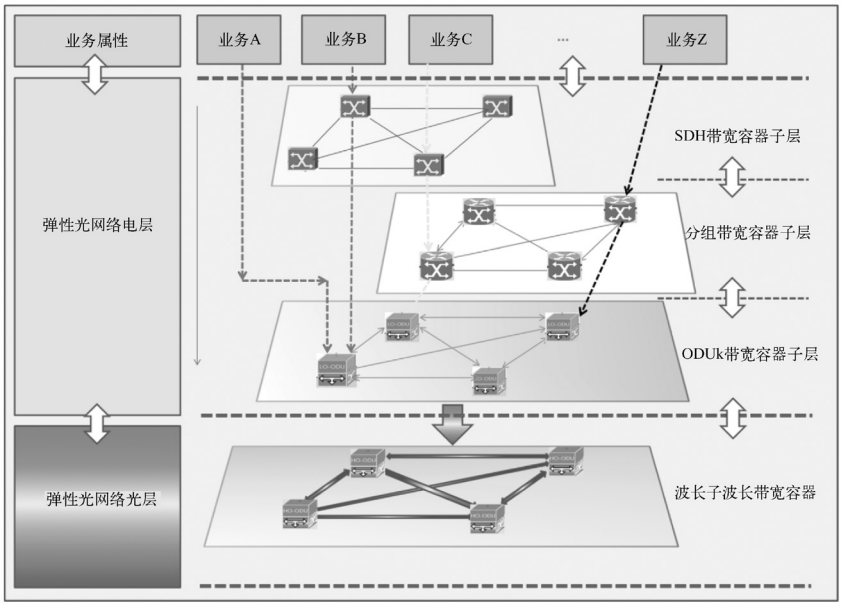

图2 弹性光传送层划分

Fig. 2 Elastic optical transport layer division

别控制不同的网络域或网络层面，并通过更高层次的控制器负责域间层间协同，实现分层分域的逻辑集中控制架构。各层控制器是客户与服务层关系，各层控制器之间的接口通过控制器层间接口（I－CPI）进行交互。

在多域协同管控场景下，网络运营者根据管理、地域和厂商等各种策略将网络分为若干控制域，由域控制器分别控制不同的网络域，并通过更高层次的控制器负责域间协同，实现多个控制域的层次化集中控制架构。各域控制器通过I－CPI接口接入到多域协同控制器，从而支撑域间SDTN控制器实现全网的分级控制。需要重点研究多域协同控制器和域控制器的定位、功能划分和网络扩展方式。

在多层异构网络协同管控场景下，研究协同层控制器实现不同交换层次的传送网络（包括光层、OTN层和分组层等），以及与客户层网络（如IP层）的协同管控架构和机制，重点研究三种不同的组网场景（即不同交换层次的网络为不同的网络域，同一网络域包含多个网络层次，以及同一传送设备内部包含多个交换层次）下的异构协同控制架构方案，以及各层面控制器定位和功能划分。图3给出了一个多层多域协同管控架构示例。

4.2 弹性业务应用层的划分研究

业务应用层是弹性光网络资源的使用者，可包含面向维护管理、业务提供等方面的业务应用实体，根据具体的应用场景提供不同的服务，如光网络虚拟化业务、按需弹性带宽业务、故障分析和性能分析等。由于不同网络设备拓扑和网络能力的差异，让应用平面直接控制传送层面是非常复杂的。研究如何通过资源管控层对传送层的网络资源和能力进行抽象，通过标准开放的接口给应用层提供所需的逻辑网络能力和服务，支撑各种创新的业务应用。

4.3 弹性光网络管理层划分研究

弹性光网络资源管理层采用标准化接口和资源抽象等技术，实现了部分原来由管理系统实现的功能，如拓扑收集、连接和业务控制等，但仍需要管理层执行基本的网络维护功能，如配置、性能、告警和计费等功能。研究

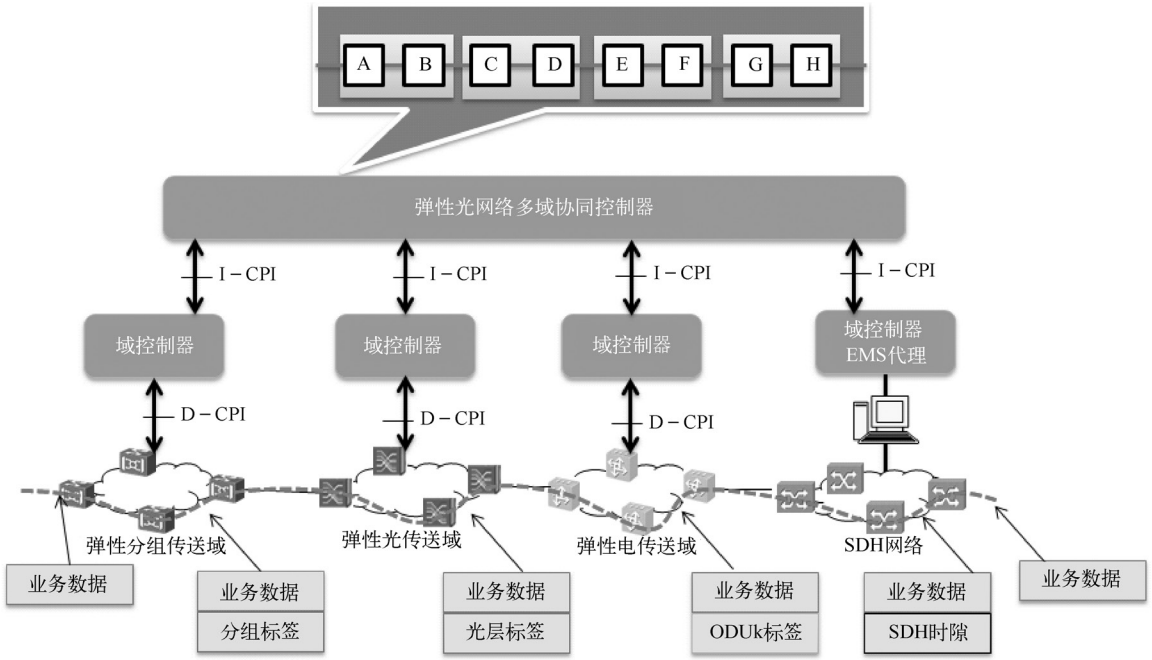

图3 多层域资源协同管控架构示例

Fig. 3 Example of multi-tier domain resource collaborative management architecture

资源管控层与网络管理层的定位和划分。从层面划分来看，管理层可负责传送设备的初始化设置、资源管控范围的分配、设备的告警和性能监视等；资源管控层可负责资源的发现收集、抽象虚拟、优化管理、灵活调度以及业务的提供等。

4.4 现有网络向弹性光网络演进方案研究

从网络演进角度来看，电力现有传输网由网络管理系统负责管理调度，新型弹性光网络将由弹性资源管控层负责管控。提出现有网络与弹性光网络架构的兼容、演进和融合发展的方案。此外，随着资源管控层功能不断完善和增强，弹性光网络管理系统层功能也将逐步弱化，进而构成管理控制的融合发展。提出电力弹性光网络管理层与现有网络管理系统以及与综合资源管控层的融合演进方案，如图4所示。

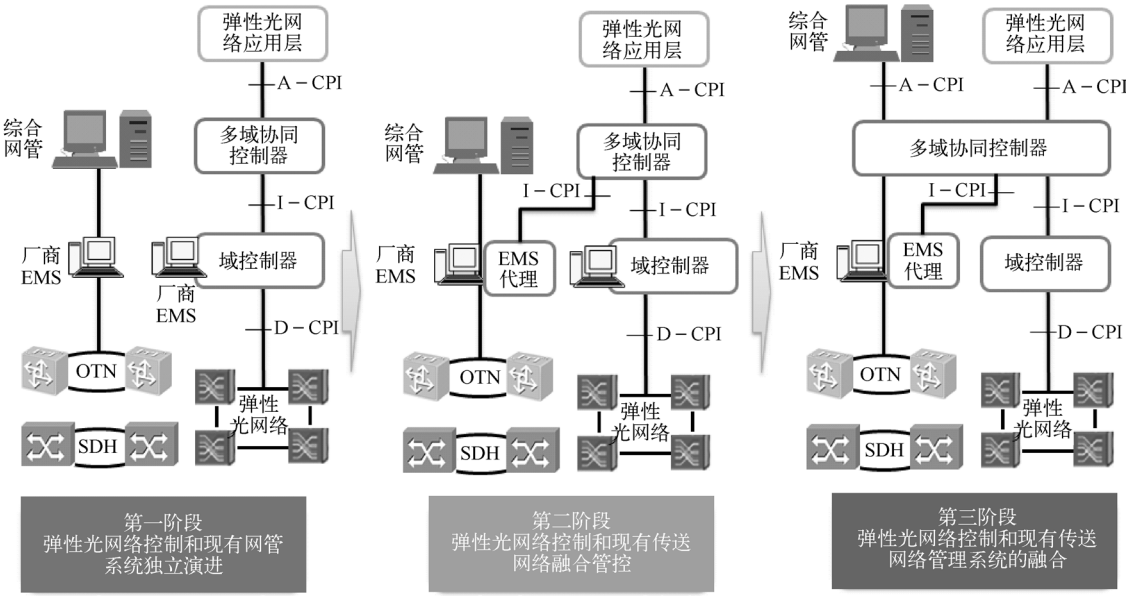

图4 现有光网络弹性光网络融合演进

Fig. 4 Evolution of elastic optical network fusion in existing optical networks

5 结束语

本文主要依据传送层承载的业务带宽的粒度、弹性需求、弹性光网络电域支持的弹性能力及可扩展性等诸多因素进行研究，同时兼顾弹性光网络电域和光域之间的适配和承载关系、光网络演进思路等关联因素。最后提出了弹性光网络资源管控层的划分、弹性业务应用层的划分、弹性光网络管理层划分及现有网络向弹性光网络演进方案。

作者简介

冯春柳

冯春柳（1991－），女，工程师，主要研究方向为电力通信。

(收稿日期：2018－06－22)EA