

# 电力通信 ATM网络中的 QoS技术

蒋杰<sup>1</sup>,江道灼<sup>1</sup>,倪承波<sup>2</sup>

(1. 浙江大学电气工程学院,浙江 杭州 310027; 2 山东胜利石油管理局生产管理部,山东 东营 257001)

**摘要:** 介绍了 ATM网络中的端到端 QoS技术的概念,分析了 QoS定义的基本参数、ATM针对不同 QoS提供的不同业务,以及 QoS在 ATM网络中的实现方法;提出了电力通信网中数据按 ATM业务类划分的方法,指出在电力通信中采用 QoS技术的必要性。

**关键词:** QoS技术; 电力通信; ATM网络; 业务类型; 流量控制; 阻塞控制

**中图分类号:** TM73      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2005)24-0063-06

## 0 引言

随着电力行业的不断发展,电力系统对通信的需求也与日俱增,除了话音、数据、传真等通信业务外,图象等宽带数据信息的交换和传输也日益增多。一些新的终端设备被大量采用,对电力通信网的传输容量、速率和带宽都提出了更高的要求。另一方面,由于基础技术的发展而带来的电信技术的飞速发展,特别是微电子技术、光通信技术、因特网技术以及 ATM和软件技术的发展,对电力通信网的发展产生了深远的影响。目前电力通信网正迅速向着数字化、综合化、宽带化的方向发展。

现代电力系统对通信的业务要求也是多方面的。诸如调度指挥电话、调度监控系统、远方保护系统、生产经营管理、检修通信、水情测报系统等。如何在这样庞大、复杂的通信网络中保证数据、话音、视频等业务的服务质量是一个值得研究的课题。应用 QoS(Quality of Service)技术可以很好地解决上述问题。

## 1 电力通信网络

电力通信网络为电力部门提供多种业务的服务,包括语音通信、电视会议、LAN数据传输、虚拟网划分、实时数据传输等,电力通信服务的对象不再

单纯是电力调度。特别是随着信息化时代的到来,电力工业现代化水平的提高,电力工业各部门都离不开电力通信,而且要求越来越高。

电力通信涉及到数据、话音和视频的通信。不同的应用类型具有不同的特征,且需要不同的网络环境。例如,电力行政电话、调度电话及呼叫中心是实时的话音应用,要求低延迟和低抖动;电力办公自动化(OA)则是数据应用,它对延迟和抖动无严格要求,但对数据包丢失和误码率要求较高,需要宽带网络支持。其中一些业务要求通信网络提供优质可靠的服务,例如电力调度自动化和继电保护要求通信网络快速、可靠;数据采集与监控(SCADA)系统和能量管理系统(EMS)要求数据可用率不低于99.7%、比特差错率不大于 $10^{-5}$ 等。因此,如何提高电力通信网络的服务质量是其发展建设过程中必须重视的问题。

以前的电力企业通信网根据不同的特定业务(如行政通信、调度通信、数据通信等)而设计为数个独立的网络,其中的某一个网络往往不能完全适应于其他业务。这些业务网专门化的后果是多个独立网并存(图1),而每一个网络都需要企业订购和维护,并且即使某个网络中有空闲的资源,这些资源也很难被其他类型的业务所用。目前有不少地区(如京津唐电网)开始建立基于ATM的电力通信多

(Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

**Abstract:** The paper introduces a self-developed system of generating operating order sheets by computer which could be easily used in several substations. With Visual C# NET and SQL Server 2000 as the mainly developing tools, the system makes use of the knowledge of the operation sheets to form rule base and the basic information of electric equipments to form data base. The inference engine transfers the rule base and the data base dynamically to generate the correct operation sheet. It can be successfully used in several substations with a little change.

**Key words:** operation order; expert system; substation; artificial intelligence

网合一的网络(图2)。以ATM交换机为核心技术的宽带综合业务数字网具有各种综合能力,包括业务综合(话音、数据和图象),网络综合(从桌面、局域网到广域网)和技术综合(传输、复用、交叉连接和交换的综合),它集中了电路交换和分组交换的特点,具有端到端的连接性,可以保证语音、数据、图象以及多媒体信息传输的服务质量(QoS),同时它还有完善的流量控制和拥塞控制,灵活的动态带宽分配与管理,自愈能力强以及安全等优点。采用ATM技术组网,虽然结构复杂、价格较贵,但它可以综合所有的电信业务(包括话音、数据和图象),并可实现到桌面。结合电力系统行业特性及其对通信可靠性的特殊要求,ATM综合业务网已经成为电力通信网发展的一个重要方向,随着ATM网络的建成,电力通信网“N网合一”的趋势日益明显,ATM网将从业务综合走向网络综合,并正在渐渐成为电力通信网的统一传送平台。

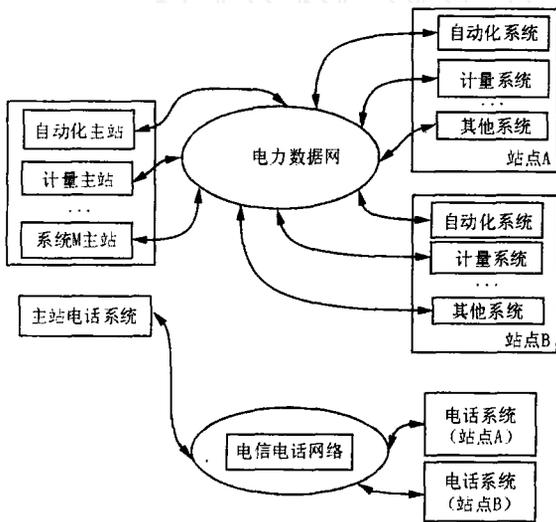


图1 相互独立的电力通信网结构示意图

Fig 1 Architecture of independent power communication sub-network

## 2 通信网络中的 QoS技术

### 2.1 QoS中的主要参数

QoS控制技术作为新一代网络核心技术之一,多年来一直是计算机网络和多媒体通信领域研究与开发的热点问题。在ATM术语中,QoS是终端用户所观测到的性能表示,主要QoS参数包括延迟、延迟变化和分组丢失等。QoS的定义以端到端为基础,并与终端用户密切相关。端到端QoS模型中包含一个或多个网络,其中任意网络均由多个结点组成。网络中采用复用、交换或传输等多种操作,这些操作都会影

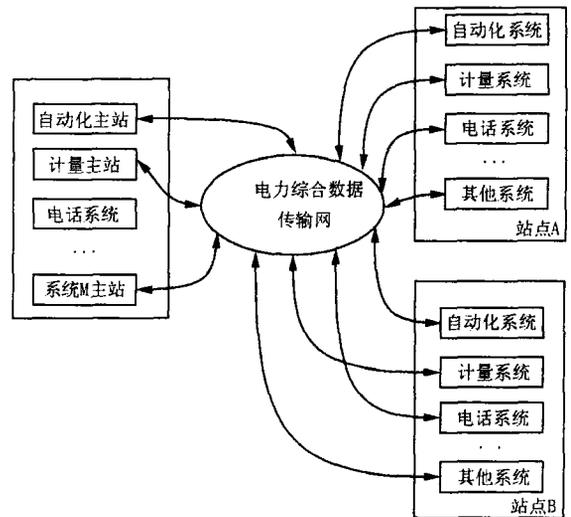


图2 “N网合一”的电力通信网结构示意图

Fig 2 Architecture of “N sub-network in one” power communication network

响QoS的延迟、分组丢失、延迟变化等参数。

这里需要说明一下延迟变化的概念。延迟变化是QoS的一个参数,许多音频和视频程序对它非常敏感。当来自多个信源的分组经过网络上终端系统、交换机或者路由器交换和复用时,同一序列的数据分组传输间隔分布会发生变化,这种变化可以用延迟变化参数来度量。延迟变化的影响会随着经由的网络结点数的增加而不断积累,当延迟变化太大时,可能会导致媒体播放的缓存溢出或空闲,最终引起播放不连贯或者错误。

数据通信对信息丢失和差错率非常敏感。如果下载程序中包含了一个没有检测出的错误,将可能导致一系列的严重后果。网络对丢失或差错信息采用重新传送方式,因此会降低网络吞吐量,同时延长响应时间。

表1 网络特征和QoS参数间的关系

Tab 1 Mapping of network characteristics to QoS parameters

| 网络特征         | 延迟 | 延迟变化 | 丢失 | 随机错误 | 误插入 |
|--------------|----|------|----|------|-----|
| 传播延迟         |    |      |    |      |     |
| 交换机或路由器队列结构  |    |      |    |      |     |
| 交换机或路由器链路速率  |    |      |    |      |     |
| 分组尺寸         |    |      |    |      |     |
| 交换机或路由器缓存容量  |    |      |    |      |     |
| 交换机或路由器资源分配  |    |      |    |      |     |
| 业务流量变化情况     |    |      |    |      |     |
| 交换机、路由器或链路故障 |    |      |    |      |     |
| 比特错误和突发错误    |    |      |    |      |     |
| 交换机和路由器数     |    |      |    |      |     |

可想而知,通信连接历经越多的网络结点,其延

迟、延迟变化、丢失情况越严重,其服务质量越差。表1说明了网络特征和 QoS参数间的关系。

ATM协议中主要的 QoS参数包括信元传送延迟 CTD (Cell Transfer Delay)、信元延迟变化 CDV (Cell Delay Variation)和信元丢失率 CLR (Cell Lose Ratio)等。CTD中的固定部分主要是信号的传播延迟,变动部分主要源于重载网络环境中的排队延迟。排队服务策略和缓存容量大小影响阻塞环境下的分组丢失和延迟变化参数。传输链路差错特征主要影响 CER (Cell Error Ratio,信元差错率)、SECBR (Severely Errored Cell Block Ratio,严重差错信元块比例)和 CMR (Cell Misinsertion Rate,信元误插入速率)参数。详细的 QoS参数介绍请参考文献 [1~3]。

## 2.2 ATM不同业务类型中的 QoS

ATM论坛 (The ATM Forum)定义基于传输速率和服务质量相关的业务类型的划分,目的是为了给用户更加方便地提供端到端的服务质量保证。ATM业务类型的划分在技术上提供了适应范围很广的应用。用户可以根据自己的需要向 ATM层申请、要求得到不同级别的服务,这些是 ATM通过业务流量管理来实现的,当然不同级别的服务所需的花费也是不同的,用户可以根据自己的需求在性能与花费之间进行平衡。

ATM论坛流量管理规范 4.0 (简称 TM4.0: ATM Forum Traffic Management Specification Version 4.0)定义的 ATM层业务类型<sup>[4]</sup>有:

1) 恒定比特速率 (CBR, Constant Bit Rate),支持带宽等于峰值速率 (PCR, Peak Cell Rate)的实时应用,具有稳定的传输延迟。

2) 实时变比特率 (rt-VBR, real-time Variable Bit Rate),具有特定的传输延迟和传输延迟变化,支持时间敏感业务。典型的业务例子有具有突发性、对延迟敏感的应用,如音频、变比特率视频。

3) 非实时变比特率 (nrt-VBR, non-real-time Variable Bit Rate),支持不具有时间敏感性业务,但其仍具有可变比特率和突发性业务流量特征。这种类型的业务具有较低的信元丢失率 (CLR, Cell Loss Rate),业务流量特征类似于 rt-VBR。典型应用包括分组数据传送、终端会话和文件传输。

4) 非确定比特率 (UBR, Unspecified Bit Rate), UBR业务被 ATM论坛称为尽力传送业务,该业务对传送延迟和延迟变化均无特定要求。

5) 适宜比特率 (ABR, Available Bit Rate),支持

传送速率可根据网络反馈状态变化的业务。ABR业务可以支持网络用户使用当前网络中空闲的传输资源。主要应用包括局域网互联、高性能文件传输、数据库检索、非实时业务以及网络浏览。

表2 不同业务中的 QoS保证

Tab 2 QoS guarantees in ATM service categories

| 业务类型    | 流量描述          | 最小丢失率 | 延迟变化 | 带宽 | 反馈控制 |
|---------|---------------|-------|------|----|------|
| CBR     | PCR           | 有     | 有    | 有  | 无    |
| rt-VBR  | PCR, SCR, MBS | 有     | 有    | 有  | 无    |
| nrt-VBR | PCR, SCR, MBS | 有     | 无    | 有  | 无    |
| ABR     | PCR, SCR      | 有     | 无    | 有  | 有    |
| UBR     | PCR           | 无     | 无    | 无  | 无    |

表2和表3分别给出了 ATM层各种业务参数描述和各种 ATM业务类型在实际中的应用。一般而言, CBR业务适合目前在 TDM (Time Division Multiplexing,时分复用)网络上支持专用带宽和最小延迟的业务; nrt-VBR业务可满足传统具有丢失敏感性的分组交换应用,如帧中继、IP和 LAN业务。ATM论坛定义了 rt-VBR业务类型用于支持比特率的视频业务,以及采用基于流量控制原理的 LAN和 WAN的数据传输;而 UBR也许不适合所有的业务,但确实是一种成本最低的网络业务。

表3 ATM各种业务的适用范围

Tab 3 Suitability of ATM service categories to various applications

| 应用     | CBR | rt-VBR | nrt-VBR | ABR | UBR |
|--------|-----|--------|---------|-----|-----|
| 关键数据业务 | 好   | 尚可     | 最好      | 尚可  | 不可  |
| 局域网互联  | 尚可  | 尚可     | 好       | 最好  | 好   |
| 广域数据传送 | 尚可  | 尚可     | 好       | 最好  | 好   |
| 电路仿真   | 最好  | 好      | 不可      | 不可  | 不可  |
| 电话     | 最好  | 好      | 不可      | 不可  | 不可  |
| 视频会议   | 最好  | 好      | 尚可      | 尚可  | 较差  |
| 压缩视频   | 尚可  | 最好     | 好       | 好   | 较差  |
| 视频广播   | 最好  | 好      | 尚可      | 不可  | 不可  |
| 交互式多媒体 | 最好  | 最好     | 好       | 好   | 较差  |

对于电力通信网络中的各种应用,我们可以根据不同的需求采取不同的 ATM业务。

## 2.3 ATM网络中 QoS的定义方式

ATM网络中 QoS定义有两种方式<sup>[1]</sup>:第一种方式是 PVC (Permanent Virtual Connection,永久虚拟连接)或 SVC (Switched Virtual Connection,交换虚拟连接),它们可申请前面所述的某种业务类型 (CBR、rt-VBR、nrt-VBR、UBR或 ABR),并按这种业务类型预约网络资源;第二种方式适用于 UN 4.0的 SVC连接的建立,在连接建立的 SETUP信令中携带特定的 QoS参数集合。

表 4 ITU-T 标准 I 356 定义的 QoS 类型和性能参数

Tab 4 Recommendation ITU-T I 356 based QoS class and performance objectives

| QoS参数     | 标注            | QoS类型 1            | QoS类型 2            | QoS类型 3            |
|-----------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| CTD       | 平均值           | 400 ms             | 未确定                | 未确定                |
| CDV       | 精确到 $10^{-8}$ | 3 ms               | 未确定                | 未确定                |
| CLR (0+1) | 应用于 CLP=0+1   | $3 \times 10^{-7}$ | $10^{-5}$          | 未确定                |
| CLR (0)   | 应用于 CLP=0     | N/A                | 未确定                | $10^{-5}$          |
| CER       | 上限            | $4 \times 10^{-6}$ | $4 \times 10^{-6}$ | $4 \times 10^{-6}$ |
| CMR       | 上限            | 每日一次               | 每日一次               | 每日一次               |
| SECBR     | 上限            | $10^{-4}$          | $10^{-4}$          | $10^{-4}$          |

静态预定义方法首先定义假设参考连接,连接定义内容包括历经的网络结点、结点特征、连接结点间的链路能力等参数。ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector, 国际电信联盟) 标准 I 356 定义了不同运营商 ATM 网络间参考配置需协商的 QoS 目标参数,参考配置中定义了连接可跨越的距离为 27 500 km,传播延迟为 170 ms,可历经 5 个 ATM 网络,共包括 25 个由 155 Mb/s 或更高速率链路连接的 ATM 交换机。表 4 是三种不同类型业务的 QoS 配置参数,用户可以在实际操作中改变这些配置参数。

#### 2.4 QoS 的实现

ATM 网络提供了较为成熟与完善的 QoS 保障技术,它在服务质量保证方面优于任何基于 IP 的方法,且形成了成熟的标准并向公众开放,可以通过 ATM 论坛与 ITU 组织下载相关的标准进行详细了解,因此可以放心地应用 QoS 技术。

下面讨论几种在 ATM 网络中实现 QoS 保证的方法。

##### 1) 在信元中设置优先级标志来保证 QoS

ATM 的信元有固定的长度,其结构如图 3 所示。每一信元有 53 字节:前 5 个字节组成信头,剩下的 48 字节留给用户数据或附加的控制数据。可以看到信元丢失优先级 (CLP, Cell Loss Priority) 1 位,这个域被用来决定当拥塞发生时什么信元最先被丢弃。举一个视频编码的例子来说明如何利用 ATM 信元的丢失特征:在分层视频编码中,关键性的数据信息标识为 CLP=0,非关键性的细节数据则标识为 CLP=1。当视频源场景变化时,将产生高速率的 CLP=0 的数据码流,在其他时间内将传送相应的细节数据流 CLP=1。当网络出现拥塞的时候,网络将丢弃响应的 CLP=1 的数据,从而保证关键性的数据信息通过网络。

##### 2) 通过流量控制来保证 QoS

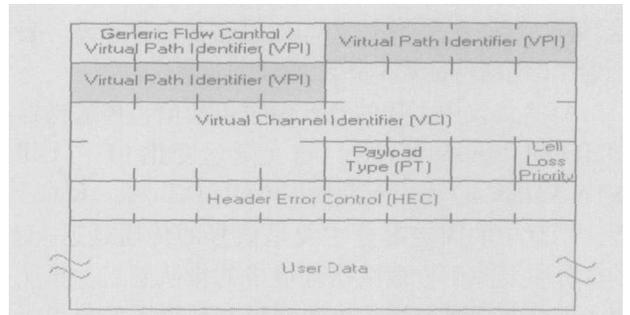


图 3 ATM 的信元结构

Fig 3 Architecture of ATM cell

ATM 流量控制中设有两项控制,一项是连接允许控制,另外一项是用法参数与网络参数监管控制。

ATM 连接允许控制 (CAC, Connection Admission Control) 是 ATM 交换机中常用的软件模块,用于接受或者拒绝一个新的连接请求。连接请求包括流量参数、ATM 业务类型、请求的 QoS 级别或者用户特定的流量参数。只有当网络接受新连接的过程后,服务质量仍可以保证的前提下,CAC 才能接纳该连接过程,并据此分配响应的网络资源。最简单的 CAC 算法是峰值速率分配,此时 ATM 交换机只需记录所有连接的峰值速率即可。当新连接的带宽加上所有现有连接的峰值带宽超过链路的总带宽时,网络结点即拒绝新的连接请求。尽管峰值分配算法可以完全避免网络阻塞,但由于通常情况下通信连接的平均速率远远小于峰值速率,所以这种算法是很低效的。

连接请求被接受后,用户应保证向网络发送的分组流符合业务流量合同的要求,ATM 在网络输入端通过用法参数控制 (UPC, Usage Parameter Control) 和网络参数控制 (NPC, Network Parameter Control) 执行相关的监管操作,保证输入业务流具有一致性特征。

##### 3) 通过阻塞控制保证 QoS

网络中的阻塞现象就像道路的交通阻塞一样,当对资源的需求超过现有资源容量并持续一段时间后,系统就会出现阻塞。在 ATM 网络中,当具有服务协议 (SLA, Service Level Agreement) 用户所期望的 QoS 服务所对应的网络资源接近甚至超过网络可提供的资源时,则出现网络阻塞。这种需求超过资源设计极限的原因可能是网络错误地超额预订了相关资源、网络故障或者网络操作错误。阻塞会带来过度的延迟或者丢失,从而导致终端无法正常运行,降低了终端应用的服务质量。

对付阻塞的最好策略是一种防范策略,就是在尽可能的时间和地点避免出现阻塞。一般有两种控制阻塞的方法,即开环和闭环阻塞控制。开环控制给不同信息流提供不同优先级,保证高优先级信息流在其所选择的路由上拥有足够的容量,该方法运行时不需要任何系统反馈,故称之为开环阻塞控制。在闭环阻塞控制中,发送端必须要得到关于流量阻塞程度的反馈。TCP协议就是采用这种技术的一个例子,它要求接收端在接收到每个分组后向发送端确认,如果发送端在超过一定的时间间隔后还没有收到确认信号,就默认为分组丢失,继续重传;同时,一旦发送端根据超时间隔隐性地检测到系统的阻塞,就会降低其发送分组的速率,从而降低系统分组程度。

ATM论坛 4.0规范和 ITU-T标准 I 371给出了适宜比特率 (ABR, Available Bit Rate)技术规范,希望能够通过公平和适时的方式将未被使用的系统容量提供给相互协调合作的终端用户。ABR规定了一种基于速率的闭环流量控制机制,其关键目的是如何将未使用的(或可使用的)容量分配给事先预定的用户,同时强制不遵守规则的用户回到其授权的范围内传输,保证所有符合 ABR规定的连接拥有低信元丢失率。所有 ABR连接上的用户信元数据都必须将 CLP字节设为 0;网络分配给一个 ABR连接的速率介于最小信元速率 MCR和峰值信元速率 PCR之间,前者在连接创立时约定,后者则决定于网络阻塞情况和相关策略。具体关于 ABR的介绍与分析请参考文献 [4]。

### 3 电力通信网中数据信息的 ATM 业务类型划分

电力通信网络中的信息类型可分为话音业务、数据业务和视频业务。话音业务包括电话系统、多媒体语音系统,视频业务包括会议电视、桌面电视等,这些信息一般不涉及对电力系统运行设备的直接控制,因此其传输可靠性和实时性只影响听觉和视觉效果;数据业务包括各种与电力生产、控制和管理直接相关的信息,其传输可靠性和实时性一般会影响到电力系统的运行性能(包括运行稳定性、可靠性及电能质量等)。

数据业务进一步可以分为实时业务和非实时业务<sup>[5,6]</sup>:

#### 1) 实时业务(监控)

EMS、RTU或变电所自动化系统的实时数据;地/县级的调度信息,EMS间交换的数据;电力系统动态测量的数据等。

#### 2) 非实时业务(调度生产直接相关的业务)

发电、用电及联络线交换计划,联络线考核;调度票、操作票、检修票;调度生产运行报表(日报、月报、季报);电能量计量计费信息;故障录波、保护和自动装置有关管理的数据等。

不同的业务对传输的实时性与可靠性有不同的需求。话音与视频业务要求高的实时性,而实时数据业务因为其举足轻重的地位,不但要求实时性,而且要求高的可靠性,所以在应用中应该给予更高的服务质量保证或者服务等级要求。

数据在进入 ATM交换机前,针对不同的业务类型进行不同的数据包分类。对于通信网的实时数据业务,即监控数据,应使用恒定比特速率(CBR)业务来保证其实时性与可靠性。语音和视频业务具有实时性和突发性,可以采用实时变比特率(rt-VBR)业务类型,因为它有特定的传输延迟和传输延迟变化,可以保证话音与视频质量。数据业务通常既有实时性又有可靠性的要求,但其信息流量一般较为稳定,对于实时性要求高的数据业务可以采用恒定比特速率业务类型来保证通信过程中信息的实时性和可靠性;对于其它实时性要求不高或者不具有时间敏感性的数据业务,则可采用非实时变比特率(nrt-VBR)业务类型,以保证有低的信元丢失率。

## 4 结语

ATM为通信网络提供了成熟、可靠的 QoS技术,为端到端的通信提供了有效的服务质量控制和保证。随着电力系统的发展,其通信网络的业务将越来越复杂,要求也越来越高。在电力通信网络中采用 QoS技术,充分利用 QoS的通信质量服务分级、分类与保障机制,实现对各种电力通信业务的分级、分类监控管理,不但可以有效保证高优先级与重要数据的实时、可靠传输,在保证通信正常运转前提下为用户提供更好的服务质量,而且可以更加充分地利用网络资源,推动电力企业技术进步,促进新技术的发展。

### 参考文献:

- [1] ITU-T B-ISDN ATM Layer Cell Transfer Performance Recommendation I 356[Z]. 1996
- [2] ITU-T B-ISDN Operation and Maintenance Principles and Function Recommendation I 610[Z]. 1995
- [3] McDysan D, Spohn D. ATM-Theory and Application, Signa-

- ture Edition[M]. McGraw-Hill, 1998
- [4] McDysan D. IP与ATM网络中的QoS和业务量管理[M]. 黄锡伟, 黄建伟, 译. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- McDysan D. QoS & Traffic Management in IP & ATM Networks[M]. HUANG Xi-wei, HUANG Jian-wei, Trans Beijing: Tsinghua University Press, 2004.
- [5] 李旭. 电力系统通信网技术改造[J]. 工业控制计算机, 2003, 16(2): 9-11.
- LI Xu Reconstruction of Power Communication Network[J]. Industrial Control Computer, 2003, 16(2): 9-11.
- [6] 陈小平. 电力调度数据网的建设[J]. 电力系统通信, 2004, (10): 1-4.
- CHEN Xiao-ping Construction of Jiangsu Regional Power Dispatching Data Network[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2004, (10): 1-4.
- 收稿日期: 2005-05-07; 修回日期: 2005-06-21
- 作者简介:
- 蒋杰(1981-), 男, 硕士研究生, 研究方向电力系统通信; E-mail: jiangjiejj@eyou.com
- 江道灼(1960-), 男, 教授, 主要从事HVDC微机控制技术、FACTS及其应用技术、配网自动化等方面的教学与科研工作;
- 倪承波(1966-), 男, 高级工程师, 长期从事电网调度运行、电网运行管理等工作, 对电网调度自动化、变电站综合自动化技术等方面有深入的研究。

### QoS techniques in ATM networks of power system communication

J IANG Jie<sup>1</sup>, J IANG Dao-zhuo<sup>1</sup>, N I Cheng-bo<sup>2</sup>

(1. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;  
2. Shengli Petroleum Administration Bureau, Dongying 257001, China)

**Abstract:** The concept of point-to-point QoS is introduced in this paper. The basic parameters and different kinds of services for QoS are analysed, and the solution to implement QoS is proposed. Methods for data-division according to ATM service classes in power system communication networks are presented. It also presents the importance to adopt QoS in power system communication networks.

**Key words:** QoS; power communication; ATM networks; service classes; traffic control; congestion control

(上接第5页 continued from page 5)

黎平(1961-), 女, 硕士, 教授, 从事自动控制理论及继电保护方面研究;

束洪春(1961-), 男, 博士后, 教授, 博士生导师, 从事

电力系统新型继电保护与故障测距、故障录波等方面的研究。

### Project of fault line detection for single-phase-to-earth in distribution system

X IAO Bai<sup>1,2</sup>, M U Gang<sup>1</sup>, L I Ping<sup>1</sup>, S H U Hong-chun<sup>3</sup>

(1. Northeast Institute of Electric Power Engineering, Jilin 132012, China; 2. North China Electric Power University, Baoding 071003, China; 3. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China)

**Abstract:** As an unflagging research project, fault line detection for single-phase-to-earth in distribution system has been mainly concentrated on development of different methods based on single eigenvalue in perfect cases, but rarely on the correct affiance for the fault, the sufficient and effective use for the fault information, and deeper field. Analysis of the character of self-adaptiveness and mistake enduring for the criterion under complex condition is needed. The mistake for fault line selection can not be entirely avoided. In this paper, firstly, several types of faults is distinguished. Secondly, the self-adaptive criterion based on voltage and current is brought out. Last, with the method for remediation under extreme condition brought forward, the maturity in fault line selection theory is realized. EMTP simulations show that the proposed method can check out the fault line in distribution system exactly and reliably, and is robust.

**Key words:** distribution system; single phase-to-ground fault; fault line detection; wavelets transform; protective relaying