

国 际 电 信 联 盟

# ITU-T

国际电信联盟  
电信标准化部门

# Y.2614

(08/2011)

Y系列：全球信息基础设施、互联网的协议问题  
和下一代网络、物联网和智慧城市  
下一代网络 – 智能、无所不在的网络

---

## 公共电信数据网的网络可靠性

ITU-T Y.2614建议书



ITU-T Y系列建议书

全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络、物联网和智慧城市

全球信息基础设施	
概要	Y.100–Y.199
业务、应用和中间件	Y.200–Y.299
网络方面	Y.300–Y.399
接口和协议	Y.400–Y.499
编号、寻址和命名	Y.500–Y.599
运营、管理和维护	Y.600–Y.699
安全	Y.700–Y.799
性能	Y.800–Y.899
互联网的协议问题	
概要	Y.1000–Y.1099
业务和应用	Y.1100–Y.1199
架构、接入、网络能力和资源管理	Y.1200–Y.1299
传输	Y.1300–Y.1399
互通	Y.1400–Y.1499
服务质量和网络性能	Y.1500–Y.1599
信令	Y.1600–Y.1699
运营、管理和维护	Y.1700–Y.1799
计费	Y.1800–Y.1899
经由下一代网络的IPTV	Y.1900–Y.1999
下一代网络	
框架和功能体系模型	Y.2000–Y.2099
服务质量和性能	Y.2100–Y.2199
业务方面：业务能力和业务架构	Y.2200–Y.2249
业务方面：NGN中业务和网络的互操作性	Y.2250–Y.2299
编号、命名和寻址	Y.2300–Y.2399
网络管理	Y.2400–Y.2499
网络控制体系和协议	Y.2500–Y.2599
<b>智能、无所不在的网络</b>	<b>Y.2600–Y.2699</b>
安全	Y.2700–Y.2799
通用移动性	Y.2800–Y.2899
运营商级开放环境	Y.2900–Y.2999
未来网络	Y.3000–Y.3099

欲进一步了解详细信息，请查阅ITU-T建议书清单。

# ITU-T Y.2614建议书

## 公共电信数据网的网络可靠性

### 摘要

ITU-T Y.2614建议书确定了公共分组电信数据网（PTDN）中网络可靠性的目标、架构和机制，包括对链路保护、路径保护、网络故障检测、保护切换触发和保护协调机制的描述。

### 沿革

版本	建议书	批准日期	研究组	唯一识别码*
1.0	ITU-T Y.2614	2011-08-06	13	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11363">11.1002/1000/11363</a>

### 关键词

FPBN、链路保护、PTDN、可靠性、路径保护。

---

\* 访问建议书，请在您的Web浏览器地址栏中输入网址<http://handle.itu.int/>，其次建议书的识别码，例如<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>

## 前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信、信息通信技术（ICT）领域工作的联合国专门机构。国际电联电信标准化部门（ITU-T）是国际电联的一个常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化发布有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定ITU-T各研究组的研究课题，而后由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA第1号决议规定了批准ITU-T建议书须遵循的程序。

属ITU-T研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）合作制定的。

## 注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，也指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性的条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才认为达到了本建议书的合规性要求。“应该”或“必须”等其他一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

## 知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已声明的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其他机构提出的、有关已声明之知识产权的证据、有效性或适用性不表明任何意见。

至本建议书批准之日止，国际电联尚未收到实施本建议书可能需要的、有关受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新的信息，因此特大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局（TSB）的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2019

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

# 目录

	页码
1 范围 .....	1
2 参考文献 .....	1
3 术语和定义 .....	1
3.1 在其他地方定义的术语 .....	1
3.2 在本建议书中定义的术语 .....	2
4 缩写词和首字母缩略语 .....	2
5 网络可靠性目标 .....	3
5.1 切换时间 .....	3
5.2 拖延时间 .....	3
5.3 保护类型 .....	3
5.4 切换类型 .....	3
5.5 操作类型 .....	3
5.6 手动保护 .....	4
5.7 切换启动准则 .....	4
6 网络可靠性架构 .....	4
6.1 链路保护 .....	4
6.2 路径保护 .....	4
6.3 切换类型 .....	5
6.4 操作类型 .....	5
6.5 网络故障检测机制 .....	6
6.6 保护切换触发机制 .....	6
7 链路保护 .....	6
8 路径保护 .....	6
8.1 双路径路由模型 .....	7
8.2 最短路径路由模型 .....	8
8.3 替代路由模型 .....	8
9 保护协调机制 .....	8
10 安全考虑 .....	9
附录I – 耳分解 .....	10
参考书目 .....	11

## 引言

公共电信数据网（PTDN）中的网络可靠性应使用链路保护和路径保护机制来提供。在这两种保护机制中，考虑了两种保护类型：1:1保护和1:n保护。在路径保护机制中，可以实施三种路由模型。

此外，双路径路由模型、最短路径路由模型和替代路由模型这三种路由模型可用于在PTDN中实施路径保护。

- “双路径路由模型”根据耳分解算法预先计算两条不相交的路径，以便根据网络拓扑和资源信息提供从源节点到目的地节点的1:1保护。这些是工作路径和保护路径。
- “最短路径路由模型”和“替代路由模型”共同提供1:n保护。
- “替代路由模型”本身可以提供1:n保护。它可以计算若干条路径。其中一条路径作为工作路径，其余路径将作为保护路径。

# ITU-T Y.2614建议书

## 公共电信数据网的网络可靠性

### 1 范围

本建议书确定了公共分组电信数据网（PTDN）中网络可靠性的目标、架构和机制，包括对链路保护、路径保护、网络故障检测、保护切换触发和保护协调机制的描述。

### 2 参考文献

下列ITU-T建议书及含有本建议书引用条款的其他参考文献构成本建议书的条款。所注明版本在出版时有效。所有建议书及其他参考文献均可能进行修订；因此鼓励建议书的使用方了解使用最新版本的下列建议书和其他参考文献的可能性。ITU-T建议书的现行有效版本清单定期出版。本建议书在引用某一独立文件时，并未给予该文件建议书的地位。

[ITU-T Y.2601] ITU-T Y.2601建议书（2006年），未来分组网络的基本特性与要求。

[ITU-T Y.2611] ITU-T Y.2611建议书（2006年），未来分组网络的高层架构。

[ITU-T Y.2612] ITU-T Y.2612建议书（2009年），未来分组网络的寻址、路由和转发方面的通用要求和框架。

[ITU-T Y.2613] ITU-T Y.2613建议书（2010年），公共分组电信数据网的通用技术架构。

### 3 术语和定义

#### 3.1 在其他地方定义的术语

本建议书使用了以下在其他地方定义的术语：

**3.1.1 双向保护切换（bidirectional protection switching）** [b-ITU-T I.630]：一种保护切换架构，在这种架构中，对单向故障而言，（“路径”“子网连接”等的）两个方向，包括受影响的方向和未受影响的方向，都切换到保护。

**3.1.2 拖延时间（hold-off time）** [b-ITU-T G.870]：宣告信号退化或信号故障与初始化保护切换算法之间的时间。

**3.1.3 手动保护（manual protection）** [b-ITU-T M.2102]：通过强制或手动切换到替代路径来启动恢复；通过强制或手动切换到正常状态来返回初始配置。

**3.1.4 非可逆的（保护）操作（non-revertive (protection) operation）** [b-ITU-T G.870]：一种保护切换操作，当中如果切换请求被终止，则正常流量信号的传输和选择不会返回到工作的传输实体。

**3.1.5 保护切换（protection switching）** [b-ITU-T I.630]：一种具有专用保护资源分配策略的网络生存技术。

**3.1.6 公共分组电信数据网 (public packet telecommunication data network)** [ITU-T Y.2613]: 一种为NGN传输层而设计的分组数据网, 它应该是安全、可信、可控和可管理的, 能够满足[ITU-T Y.2601]中所述的所有要求。PTDN是一种分层网络, 可以被细分为若干个网络层。

**3.1.7 可逆的(保护)操作 (revertive (protection) operation)** [b-ITU-T G.870]: 一种保护切换操作, 当中如果交换请求被终止, 则正常流量信号(业务)的传输和选择总会返回(或保持开启)工作的传输实体; 即当工作的传输实体已从缺陷中恢复或者外部请求被清除时。

**3.1.8 切换时间 (switching time)** [b-ITU-T G.870]: 初始化保护切换算法与从备用传输实体中选择流量时刻之间的时间。

**3.1.9 路径保护 (trail protection)** [b-ITU-T G.780]: 如果工作路径出现故障, 或者如果其性能低于要求的水平, 则正常流量将在保护路径而非工作路径上进行传送/正常流量将从保护路径而非工作路径上选择。

**3.1.10 单向保护切换 (unidirectional protection switching)** [b-ITU-T I.630]: 一种保护切换架构, 当中对单向故障(即故障仅影响一个传输方向)而言, 仅将受影响的(“路径”“子网连接”等的)方向切换到保护状态。

## 3.2 在本建议书中定义的术语

本建议书定义了以下术语:

**3.2.1 1:1保护 (1:1 protection)**: 一种仅在工作路径或保护路径上发送流量的保护机制。

**3.2.2 替代路由模型 (alternative routing model)**: 一种在源公共分组电信数据网(PTDN)节点与目的地PTDN节点之间提供多条路径的路由模型。

注 – 不要求这些路径是确定的和唯一的。在该模型中, 发送路径和接收路径不一定由相同的节点和链路组成。

**3.2.3 双路径路由模型 (dual path routing model)**: 一种在源公共分组电信数据网(PTDN)节点与目的地PTDN节点之间提供两条完全不相交路径的路由模型。

注 – 两条路径可能不是最短路径。

**3.2.4 链接保护 (link protection)**: 一种点对点的保护机制。

注 – 除非链路保护出现故障, 否则不应在网络层启动保护切换和重新路由。

**3.2.5 最短路径路由模型 (shortest path routing model)**: 一种提供确定的和唯一的路径的路由模型, 这是从源公共分组电信数据网(PTDN)节点到目的地PTDN节点的最短路径。

注 – 在该模型中, 从源节点到目的地节点的路径等同于从目的地节点到源节点的路径。

## 4 缩写词和首字母缩略语

本建议书使用以下缩写词和首字母缩略语:

IP	网际协议
OAM	运营、管理和维护
PTDN	公共分组电信数据网
QoS	服务质量



SDH 同步数字体系

WDM 波分复用

## 5 网络可靠性目标

本条款描述了PTDN的网络可靠性目标。

### 5.1 切换时间

根据PTDN所支持的路由模型，当链路或节点出现故障时，业务流量可以从工作路径切换到保护路径。切换时间由两部分组成：一是节点收到离故障点最近的节点发送的网络故障通知消息的时间；二是完成从工作路径到保护路径保护切换的时间。

在PTDN中，切换时间不应超过50 ms。

### 5.2 拖延时间

PTDN是一个分层网络。每层都提供一种保护方案。因此，必须考虑层与层之间的保护协调问题，以避免来回保护切换。拖延时间对保护方案的相互作用而言是有用的。当宣告出现缺陷条件时，拖延定时器被启动，并可配置定时器的持续时间。当拖延定时器到期时，如果此时缺陷条件仍存在，则启动保护切换。注意，不一定要在整个拖延期内都存在缺陷条件；只有拖延定时器到期时的状态才是相关的。

在PTDN中，拖延时间应该大于较低网络层的切换时间。

### 5.3 保护类型

保护类型可以是1:1保护类型或1:n保护类型。业务流量在工作路径或保护路径上进行传输。在1:1保护类型中，源节点与目的地节点之间有两条不相交的路径。其中一条是工作路径，另一条是保护路径。在1:n保护类型中，源节点与目的地节点之间有1+ n条路径，其中一条是工作路径，其他n条是保护路径。

在PTDN中，建议采用1:1保护类型和1:n保护类型的路径保护。

### 5.4 切换类型

有两种切换类型，即单向切换和双向切换。在单向切换中，流量发送路径和接收路径是不同的，因此只切换受影响的路径。在双向切换中，流量发送路径和接收路径通常是相同的，因此对两条路径都可以进行切换。

在PTDN中，建议提供单向保护切换和双向保护切换。

### 5.5 操作类型

有两种保护操作类型，即非可逆的操作类型和可逆的操作类型。在非可逆的类型中，当恢复工作路径时，业务不会切换回工作路径。只有在当前保护路径出现故障时，业务才会被切换回工作路径。在可逆的类型中，如果恢复工作路径，则业务将总是切换回工作路径。

在PTDN中，应提供可逆的和非可逆的操作类型。

## 5.6 手动保护

在PTDN中，支持自动保护切换和手动保护切换。操作者可以进行手动保护切换，手动保护切换通常比自动保护切换具有更高的优先级。

## 5.7 切换启动准则

在PTDN中，支持以下保护切换启动准则：

- 外部启动的命令（例如，在手动控制的情况下）；
- 工作路径上的链路或节点出现故障，保护路径已准备就绪，拖延定时器已到期；
- 在可逆的操作类型中，工作路径得以恢复。

## 6 网络可靠性架构

在PTDN中，链路保护和路径保护要求如下：

- 应提供1:1保护和1:n路径保护；
- 应支持单向和双向切换类型；以及
- 应支持可逆的和非可逆的操作。

### 6.1 链路保护

PTDN的每一层都提供一种保护方案，它包括许多层。链路保护工作于链路层。链路保护是一种点对点保护机制。除非链路保护出现故障，否则不应在网络层启动保护切换和重新路由。

链路保护架构如图6-1所示。

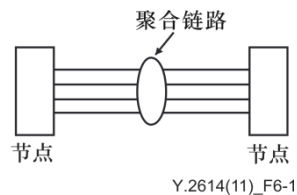


图6-1 – 链路保护架构

在PTDN中，在聚合链路上有两种业务流量分发机制：

- 1) 在所有聚合的物理链路上分发流量，但应保留每个链路的部分能力，整合为一个或多个链路的能力，以便在一个或多个链路出现故障时实施保护。
- 2) 除非一个或多个聚合的链路出现故障，否则一个或多个聚合的链路不传输流量。

聚合链路的末端节点可以检测特定物理链路的故障，并将故障链路上的流量分发给其他物理链路。

### 6.2 路径保护

路径保护是一种端到端的保护机制。应根据PTDN中的网络拓扑和资源信息，至少预先计算从源节点到相同目的地节点的两条路径。一条是工作路径，其他各条是保护路径。

连续探测分组用于检测工作路径或保护路径的缺陷。在收到网络故障通知消息时，当拖延定时器到期时，业务流量应从工作路径切换到保护路径。

路径保护的架构如图6-2所示。

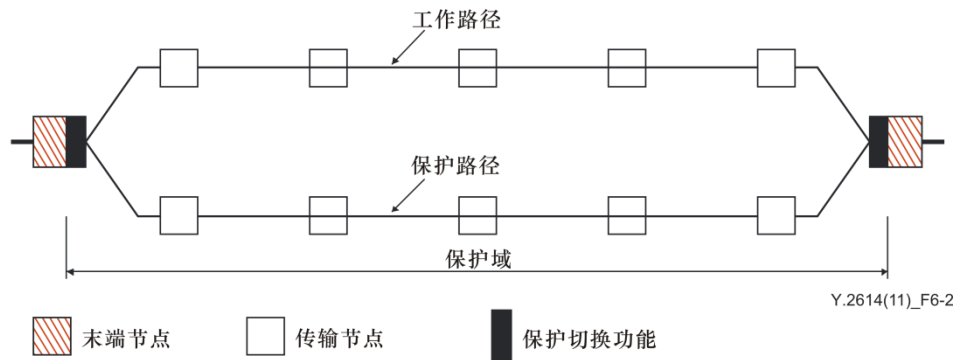


图6-2 – 路径保护架构

在PTDN中，应提供1:1保护类型和1:n保护类型的路径保护。

在1:1保护类型中，应用双路径路由模型，该模型将基于耳分解算法来预先计算两条不相交的路径。

在1:n保护类型中，有两种实现方式：

- 1) 最短路径路由模型和替代路由模型一起应用。最短路径路由模型将提供一条工作路径，替代路由模型将提供n条保护路径。
- 2) 应用替代路由模型来计算若干条路径；其中一条用作工作路径，其余路径将作为保护路径。

连续探测分组用于检测工作路径或保护路径的缺陷。它们在保护路径的信源处被插入，并在保护路径的信宿处予以检测和提取。

### 6.3 切换类型

保护切换类型可以是单向切换类型或双向切换类型。

在PTDN中，如果路由是基于最短路径路由模型或双路径路由模型来计算的，则发送路径和接收路径通常是相同的。在这两种情况下，均应用双向切换。不过，如果路由是基于替代路由模型来计算的，则发送路径和接收路径可能不同。在这种情况下，应用单向切换。

### 6.4 操作类型

保护操作类型可以是非可逆的操作类型或可逆的操作类型。

在非可逆的操作类型中，在保护从工作路径切换到保护路径后，当恢复工作路径时，业务流量将不切换回工作路径。只有在当前保护路径出现故障并恢复工作路径时，业务才会切换回工作路径。

在可逆的操作类型中，如果恢复工作路径，则业务将总切换回工作路径。在PTDN中，建议采用可逆的操作类型。

## 6.5 网络故障检测机制

在PTDN中，有两种网络故障检测机制。一种是链路故障检测机制，它工作于链路层，通过定期发送链路维护帧来实时检测链路的状态；另一种是路径故障检测机制，它工作于网络层，通过定期发送OAM分组来实时检测端到端的连通性。

## 6.6 保护切换触发机制

当出现以下情况时，应执行保护切换操作：

- 1) 由操作者来控制启动（例如，手动切换、强制切换），没有更高优先级的切换请求生效；
- 2) 宣告在工作路径而非保护路径上出现信号故障，且拖延定时器已到期；或者
- 3) 等待到恢复定时器到期（可逆的模式），且未宣告在工作路径上出现信号故障。

## 7 链路保护

在PTDN中，一对节点可以通过多个物理链路来连接起来，以提高它们之间的带宽和可靠性。在计算路由时，应将多个物理链路聚合为一个逻辑链路，并应根据链路带宽在多个物理链路之间平衡好业务流量。当一个或多个聚合链路出现故障时，故障链路承载的业务流量应转到其他可用的链路上，除非链路保护出现故障，否则不应从工作路径切换到保护路径。

在PTDN中，当出现以下情况时，链路保护会出现故障：

- 1) 所有聚合的物理链路都发生故障；
- 2) 当一个或几个聚合的链路发生故障时，其余链路的能力不能满足流量的要求。

当链路保护出现故障时，将应用路径保护机制。

## 8 路径保护

为了在PTDN中实施路径保护，使用了三种路由模型，即双路径路由模型、最短路径路由模型和替代路由模型。

在无连接模式下，PTDN节点根据保护字段的值来确定路由模型，该值由分组报头中的两个比特组成[ITU-T Y.2613]。当发生网络故障（链路或节点）或者工作路径恢复时，需要修改保护字段的值。

如果保护字段的值为“00”，则意味着应用了最短路径路由模型。在这种情况下，当发生网络故障（链路或节点）时，业务流量可能会被中断，除非应用了替代路由模型，在这种情况下，需要将保护字段的值从“00”修改为“10”。在替代路由模型中，网络可达性可以得到保证，但服务质量不能得到保证。

如果保护字段的值为“11”或“01”，则意味着应用了双路径路由模型。在这种情况下，当发生网络故障（链路或节点）时，业务流量将从工作路径切换到保护路径；或者在可逆的操作类型中，当恢复工作路径时，从保护路径切换到工作路径。相应地，需要将该值从“11”修改为“01”或者从“01”修改为“11”。必须注意的是，只有当工作路径和保护路径的网络资源完全相同时，才能保证服务质量。

## 8.1 双路径路由模型

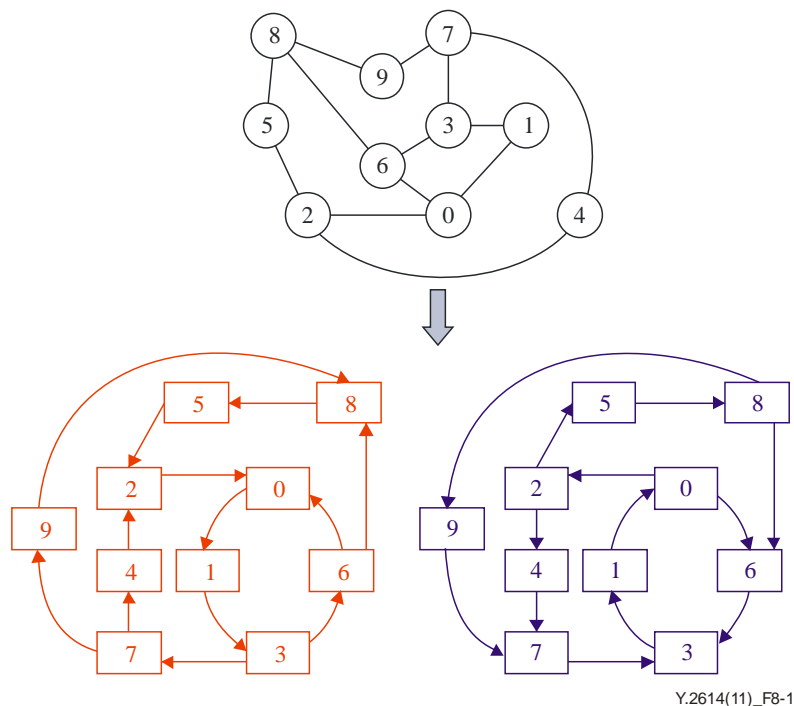
双路径路由模型根据网络拓扑和资源信息来预先计算从源节点到目的地节点的两条不相交路径。这些是工作路径和保护路径。除了源节点和目的地节点之外，工作路径和保护路径还有其他公共的链路或节点。

双路径路由模型中的网络拓扑应满足两个条件：

- 1) PTDN中的每个节点都至少连接到两个其他节点；
- 2) PTDN中的每一条链路都是双向链路。

两个完全不相交的有向图（见图8-1）可以通过耳分解来获得。

有关耳分解的更多信息，请参见附录I。



Y.2614(11)\_F8-1

图8-1 – 双路径路由模型中的耳分解

如图8-1所示，任意两个节点之间都有两条不相交的路径。例如，从节点1到节点7有两条不相交的路径。一条是沿着节点1、3和7的工作路径；另一条是沿着节点1、0、2、4和7的保护路径。

当工作路径出现故障时，该故障点最近的节点将向源节点发送一条网络故障通知消息。收到通知消息后，源节点将把流量从工作路径切换到保护路径。分组报头中保护字段的值需要从“11”重置为“01”。

在可逆的操作类型中，如果恢复工作路径，则业务流量将切换回工作路径；分组报头中保护字段的值需要从“01”修改为“11”。

在非可逆的操作类型中，即使恢复了工作路径，业务流量也不会切换回工作路径，除非保护路径出现故障。

在双路径路由模型中，如果两条路径上的网络资源相同，则当从工作路径切换到保护路径或从保护路径切换到工作路径时，可以保证服务质量。

## 8.2 最短路径路由模型

最短路径路由模型提供了一条确定的和唯一的路径，即从源PTDN节点到目的地PTDN节点的最短路径。在该模型中，发送路径和接收路径必须相同。当域边界上的PTDN域之间有多个连接时，只有一个优先级最高的连接处于活动状态。

当使用最短路径路由模型来传输分组时，分组报头中保护字段的值应设置为“00”。

在最短路径路由模型出现故障的情况下，将应用替代路由模型来提供网络可达性。在这种情况下，分组报头中保护字段的值应该从“00”修改为“10”。

## 8.3 替代路由模型

在替代路由模型中，许多路径是预先计算得到的，并保存在路由表中；其中一种路径是工作路径。如果工作路径出现故障，则路由表中的第二条路由将处于活动状态。这些路径可能不是最短的，不要求发送和接收路径包括相同的节点和链路。替代路由模型可应用于以下两种情况：

- 1) 工作路径是最短路径；替代路由模型提供保护路径。

节点或链路的故障或者拓扑的变化可能会导致工作路径的故障。在这种情况下，替代路径路由模型将提供保护路径。在这种情况下，分组报头中保护字段的值需要从“01”修改为“00”。

- 2) 工作路径和保护路径都由替代路由模型来提供。

在替代路由模型中，分组报头中保护字段的值应设置为“01”。从源节点到目的地节点的许多路径将被预先计算并存储在路由表中，其中一条路径用作为工作路径。当工作路径出现故障时，将从路由表中的其他路径中选择保护路径。在这种情况下，不应更改分组报头中保护字段的值。

在替代路由模型中，网络可达性可以得到保证，但服务质量不能得到保证。

## 9 保护协调机制

如果各节点通过多个聚合链路连接在一起，则当一个或多个聚合链路出现故障时，应首先应用链路保护，如果链路保护出现故障，则应启动路径保护。

此外，应在层保护与层保护之间提供拖延时间，以避免来回保护切换。例如，如果PTDN基于传输网络（例如，SDH、WDM），则不应启动PTDN保护切换，除非拖延定时器已到期，且此时仍然存在缺陷条件（例如，传输层网络中的链路或节点出现故障）。

## 10 安全考虑

本建议书定义了用于产生一条或多条保护路径以保护工作路径的机制。这些机制有助于提高PTDN的安全性。本建议书中描述的可靠性机制假设工作路径和保护路径同时以相同的方式予以设置。鉴于任一路径的设置都是通过正常的PTDN程序来进行的，因此没有发现本建议书中所述的、可靠性机制特有的额外安全风险。

就应用保护时的不稳定性而言，本建议书已考虑到了拖延时间和保护协调机制。

## 附录I

### 耳分解

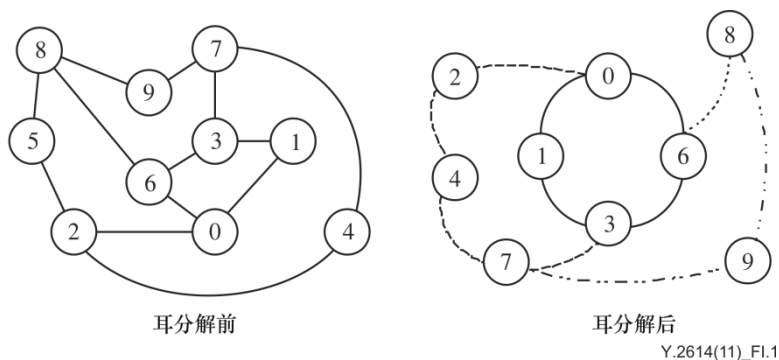
(本附录非建议书不可分割的组成部分。)

无向图 $G=(V,E)$ 的耳分解 $D=\{P_0;P_1;\dots;P_{r-1}\}$ 指的是将 $E$ 分割成一个由边不相交的简单路径 $P_0;P_1;\dots;P_{r-1}$ 组成的有序集合，称为“耳”，以便：

- $P_0$ 是一个简单的循环。
- $P_i$  ( $i>0$ ) 是一条简单的路径，端点属于较低编号的耳，内部顶点不属于较低编号的耳。
- $P_i$  ( $i>0$ ) 也可能是一个简单的循环。如果它是一个只由一条边组成的循环，则它称为不重要的耳。

当且仅当 $P_i$  ( $i>0$ ) 没有循环时，一个耳分解才被称为是开放的。

在图I.1中，左侧的网络拓扑被分解成四个耳，如图I.1右侧所示，其中 $P_0$ 是由节点0、1、3和6组成的一个简单循环； $P_1$ 由节点2、4和7组成，端点3和0属于耳 $P_0$ ，相比 $P_1$ ， $P_0$ 是一个较低编号的耳； $P_2$ 由节点5和8组成，端点2和6分别属于耳 $P_1$ 和耳 $P_0$ ，相比 $P_2$ ，它们是较低编号的耳； $P_3$ 由节点9组成，端点7和8分别属于耳 $P_1$ 和耳 $P_2$ ，相比 $P_3$ ，它们是较低编号的耳。



图I.1 – 耳分解

当且仅当图是2边连通时，耳分解才存在。在PTDN中，2边连通图可以为链路故障和节点故障提供保护。



## 参考书目

- [b-ITU-T G.780] ITU-T G.780/Y.1351建议书（2010年），同步数字体系（SDH）网络的术语和定义。
- [b-ITU-T G.870] ITU-T G.870/Y.1352建议书（2010年），光传输网络（OTN）的术语和定义。
- [b-ITU-T G.8131] ITU-T G.8131/Y.1382建议书（2007年），传输MPLS（T-MPLS）网络的线性保护切换。
- [b-ITU-T I.322] ITU-T I.322建议书（1999年），电信网络的通用协议参考模型。
- [b-ITU-T I.630] ITU-T I.630建议书（1999年），ATM保护切换。
- [b-ITU-T M.2102] ITU-T M.2102建议书（2000年），国际SDH VC路径和复用段恢复机制（保护和恢复）的维护阈值和程序。
- [b-ITU-T X.25] ITU-T X.25建议书（1996年），数据终端设备（DTE）与数据电路终端设备（DCE）之间的接口，用于以分组模式运行并通过专用电路连接到公共数据网的终端。
- [b-ITU-T X.121] ITU-T X.121建议书（2000年），公共数据网的国际编号计划。
- [b-ITU-T X.136] ITU-T X.136建议书（1997年），提供国际分组交换服务时公共数据网的准确性和可靠性性能值。
- [b-ITU-T X.137] ITU-T X.137建议书（1997年），提供国际分组交换服务时公共数据网的可用性性能值。
- [b-ITU-T X.200] ITU-T X.200建议书（1994年）| ISO/IEC 7498-1:1994，信息技术－开放系统互连－基本参考模型：基本模型。
- [b-ITU-T X.212] ITU-T X.212建议书（1995年）| ISO/IEC 8886:1996，信息技术－开放系统互连－数据链路服务定义。
- [b-ITU-T X.323] ITU-T X.323建议书（1988年），分组交换公共数据网（PSPDNs）之间互通的一般安排。
- [b-ITU-T X.371] ITU-T X.371（2001年），公共数据网与互联网之间互通的一般安排。
- [b-ITU-T Y.1001] ITU-T Y.1001建议书（2000年），IP框架－电信网络和IP网络技术融合的框架。
- [b-ITU-T Y.1251] ITU-T Y.1251建议书（2002年），互通的通用架构模型。
- [b-ITU-T Y.1720] ITU-T Y.1720建议书（2006年），用于MPLS网络的保护切换。
- [b-ITU-T Y.2001] ITU-T Y.2001建议书（2004年），NGN概况。

[b-ITU-T Y.2011] ITU-T Y.2011建议书（2004年），下一代网络的一般原则和一般参考模型。

[b-ITU-T Y.2012] ITU-T Y.2012建议书（2010年），下一代网络的功能需求和架构。



## ITU-T系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运营、电话业务、业务运营和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听和多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网和电视、声音节目和其他多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	环境与ICT、气候变化、电子废物、节能；线缆和外部设备的其他组件的建设、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的规范
P系列	终端以及主观和客观评估方法
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统的通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题、下一代网络、物联网和智慧城市
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题