



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 20177.1—2006

控制网络 LONWORKS 技术规范 第 1 部分：协议规范

Control network LONWORKS technology specification—
Part 1: Protocol specification

2006-05-08 发布



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

GB/Z 20177 总标题为《控制网络 LONWORKS 技术规范》，目前包括以下 4 个部分：

- 第 1 部分：协议规范；
- 第 2 部分：电力线信道规范；
- 第 3 部分：自由拓扑双绞线信道规范；
- 第 4 部分：基于隧道技术在 IP 信道上传输控制网络协议的规范。

本部分是 GB/Z 20177《控制网络 LONWORKS 技术规范》指导性技术文件的第 1 部分。

本部分修改采用 ANSI/CEA 709.1《控制网络协议规范》。

本部分与 ANSI/CAE 709.1 的主要差异为：

- a) 凡是出现 ANSI/CEA 709 的地方都用 GB/Z 20177 代替；
- b) 凡是出现 ANSI/CEA 709.1 的地方都用本部分代替；
- c) 根据 GB/T 1.1 进行编辑性修改；
- d) 为方便使用，在原文的基础上增加了引言部分。

本部分的附录 A、附录 B、附录 D 和附录 E 是规范性附录。

本部分的附录 C 是资料性附录。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会第四分技术委员会归口。

本部分起草单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、西南大学、北京交通大学现代通信研究所、北京宽网社区数字化建设有限公司、威世达通信控制技术(北京)有限公司、埃施朗公司。

本部分主要起草人：梅恪、王春喜、王玉敏、杨玉柱、刘枫、孙昕、史学玲、欧阳劲松、刘运基、戴恋、刘永生、李翔宇。

引 言

《控制网络 LONWORKS 技术规范》基于 OSI 参考模型(GB/T 9387.1—1998),是一个 7 层模型。
GB/Z 20177《控制网络 LONWORKS 技术规范》由四个部分组成。

- 第 1 部分:协议规范;
- 第 2 部分:电力线信道规范;
- 第 3 部分:自由拓扑双绞线信道规范;
- 第 4 部分:基于隧道技术在 IP 信道上传输控制网络协议的规范。

第 1 部分是整个技术规范的核心,后三部分是第 1 部分的补充。

GB/Z 20177 四个部分的关系见图 1。

本部分是 GB/Z 20177 的第 1 部分,描述了协议第 2~7 层的服务以及 MAC 子层与物理层的接口,该规范描述的接口支持物理层多种传输媒体。

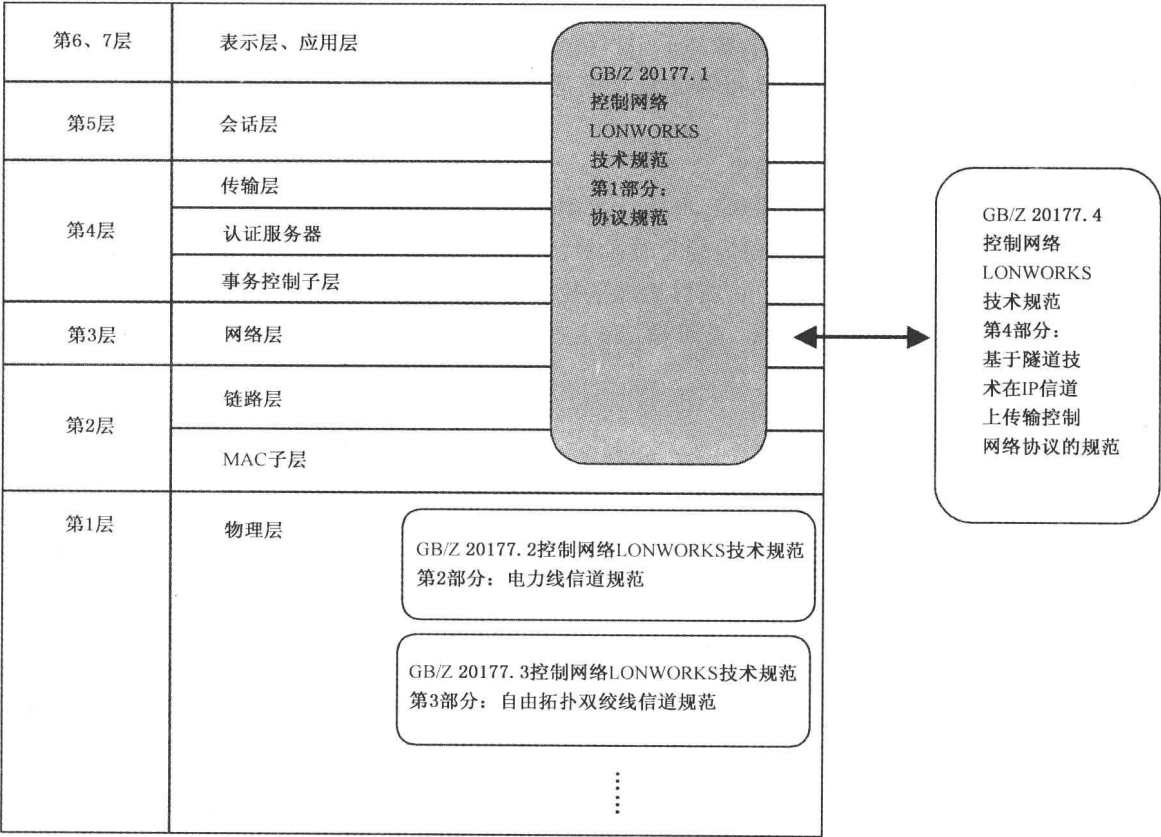


图 1 GB/Z 20177 四个部分的关系

目 次

前言	VII
引言	VIII
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	3
4.1 符号和图形表示	3
4.2 缩略语	4
5 协议分层概述	5
6 MAC 子层	6
6.1 提供的服务	6
6.2 链路层接口	6
6.3 物理层接口	7
6.4 MPDU 格式	7
6.5 可预测 p -保持 CSMA 概述	8
6.6 空闲信道检测	9
6.7 随机化	9
6.8 信道使用统计 BL(Backlog)估计	9
6.9 可选的优先级	10
6.10 可选的冲突检测	11
6.11 Beta1, Beta2 和前置码定时	11
7 链路层	13
7.1 前提条件	13
7.2 提供的服务	13
7.3 CRC	13
7.4 传输算法	14
7.5 接收算法	14
8 网络层	14
8.1 前提条件	14
8.2 提供的服务	15
8.3 服务接口	16
8.4 网络层内部结构	16
8.5 NPDU 格式	16
8.6 地址识别	17
8.7 路由器	17
8.8 路由算法	18
8.9 自学习算法-子网	18
9 事务控制子层	18

9.1	前提条件	18
9.2	提供的服务	18
9.3	服务接口	18
9.4	状态变量	19
9.5	事务控制算法	19
10	传输层	20
10.1	前提条件	20
10.2	提供的服务	20
10.3	服务接口	20
10.4	TPDU 的类型和格式	21
10.5	协议图解	22
10.6	传输协议状态变量	22
10.7	发送算法	22
10.8	接收算法	22
10.9	接收事务记录池的大小和配置	23
11	会话层	24
11.1	前提条件	24
11.2	提供的服务	24
11.3	服务接口	25
11.4	会话层内部结构	25
11.5	SPDU 类型和格式	26
11.6	协议时序图	27
11.7	请求/响应状态变量	28
11.8	请求/响应协议——客户端部分	29
11.9	请求/响应协议——服务器部分	29
11.10	请求/响应协议定时器	29
11.11	鉴别协议	29
11.12	加密算法	30
11.13	重试与校验和函数的作用	30
11.14	随机数的生成	30
11.15	鉴别的用法	30
12	表示/应用层	30
12.1	前提条件	30
12.2	提供的服务	30
12.3	服务接口	31
12.4	APDU 的类型和格式	32
12.5	协议图	32
12.6	应用协议状态变量	34
12.7	离线状态中的请求/响应报文	34
12.8	网络变量	34
12.9	给应用程序的差错通知	35
13	网络管理和诊断	35
13.1	前提条件	35

13.2	提供的服务	35
13.3	网络管理和诊断应用结构	35
13.4	节点状态	36
13.5	网络管理服务的用法	36
13.6	路由器网络管理命令的用法	39
13.7	NMPDU 格式和类型	39
13.8	DPDU 的类型和格式	49
附录 A(规范性附录)	参考实现	53
A.1	预测的 CSMA 算法	53
A.2	LPDU 发送算法	139
A.3	LPDU 接收算法	142
A.4	路由算法	146
A.5	自学习算法	147
A.6	事务控制算法	148
A.7	网络层算法	157
A.8	带鉴别的 TPDU 和 SPDU 发送算法	182
A.9	应用层	262
A.10	网络管理命令	345
A.11	配置数据结构	399
A.12	参考实现的 Include 文件	428
A.13	应用协议状态变量和地址识别结构	472
A.14	查询标识数据结构	476
A.15	查询应答数据结构	476
A.16	更新域数据结构	476
A.17	离开域数据结构	477
A.18	更新密钥数据结构	477
A.19	更新地址数据结构	477
A.20	查询地址数据结构	479
A.21	查询网络变量配置数据结构	479
A.22	更新组地址数据结构	480
A.23	查询域数据结构	480
A.24	更新网络变量配置数据结构	480
A.25	设置节点模式数据结构	481
A.26	读存储器数据结构	481
A.27	写存储器数据结构	482
A.28	重新计算校验和数据结构	482
A.29	安装命令数据结构	482
A.30	存储器刷新数据结构	488
A.31	查询自标识数据结构	489
A.32	取网络变量数据结构	489
A.33	手动服务请求报文数据结构	489
A.34	产品查询数据结构	489
A.35	路由器模式数据结构	490

A.36	路由表清除组或子网表数据结构	490
A.37	路由器组或子网下载数据结构	490
A.38	路由器组转发数据结构	491
A.39	路由器子网转发数据结构	491
A.40	路由器组不转发数据结构	491
A.41	路由器子网不转发数据结构	492
A.42	组/子网表报告数据结构	492
A.43	路由器状态数据结构	492
A.44	查询状态数据结构	493
A.45	代理状态数据结构	493
A.46	清除状态数据结构	494
A.47	查询收发器状态数据结构	494
附录 B(规范性附录)	其他数据结构	495
B.1	固定的只读数据结构	496
B.2	域表	500
B.3	地址表	501
B.4	网络变量表(资料性)	506
B.5	自标识结构	508
B.6	配置结构	511
B.7	统计相关结构	513
附录 C(资料性附录)	行为特性	515
C.1	信道容量和吞吐率	515
C.2	网络度量方式	516
C.3	事务度量方式	517
C.4	边界条件——上电	518
C.5	边界条件——重负载	518
附录 D(规范性附录)	PDU 概要	519
附录 E(规范性附录)	命名和编址	521
E.1	地址类型和格式	521
E.2	域	521
E.3	子网和节点	521
E.4	组	522
E.5	Unique_Node_ID 和节点地址分配	522
E.6	NPDU 编址	523
图 1	GB/Z 20177 四个部分的关系	Ⅶ
图 2	网络拓扑和符号	4
图 3	协议术语表示法	4
图 4	协议分层	5
图 5	MAC 层与链路层的接口	6
图 6	MPDU/LPDU 格式	7
图 7	可预测 p -保持 CSMA 概念和参数	8
图 8	在忙碌信道数据包周期中优先时间片的分配	10

图 9	CRC 寄存器的状态行为示例	14
图 10	单一信道中的拓扑图	15
图 11	典型的树型域拓扑结构图	15
图 12	网络层服务接口	16
图 13	网络层内部结构	16
图 14	NPDU 格式	17
图 15	事务控制服务接口	19
图 16	传输层和上层接口	20
图 17	TPDU 的类型和格式	21
图 18	传输协议图解:多播中报文和确认 TPDU 都丢失的情况	22
图 19	传输协议——发送 FSM	22
图 20	传输协议——接收 FSM	23
图 21	k 次重试事务完成的概率	23
图 22	定时器值计算方法	24
图 23	会话层到应用层的接口	25
图 24	会话层内部结构	25
图 25	SPDU 类型和格式	26
图 26	有多个 SPDU 丢失的非等幂请求	27
图 27	有多个 SPDU 丢失的安全等幂请求	28
图 28	请求/响应协议——客户端 FSM	29
图 29	请求/响应协议——简化的服务器端 FSM	29
图 30	应用层接口	31
图 31	APDU 格式	32
图 32	多播确认事务的应用层协议图	33
图 33	多播请求/响应事务的应用层协议图	33
图 C.1	经 k 次中继后成功提交的概率	517
图 D.1	协议 PDU 概要	520
图 E.1	物理拓扑和逻辑编址(单个域)	522
图 E.2	NPDU/TPDU/SPDU 编址——物理地址格式	523
表 1	应用层原语	31
表 B.1	缓冲区大小编码	499
表 B.2	缓冲区计数编码	500
表 B.3	定时器字段值编码	505
表 B.4	缓冲区超时编码	513
表 C.1	关键吞吐率参数	516
表 E.1	NPDU/TPDU/SPDU 编址——逻辑地址格式	523

控制网络 LONWORKS 技术规范

第 1 部分:协议规范

1 范围

GB/Z 20177 的本部分规定了控制网络的通信协议。该协议为网络化控制系统提供了对等式通信,用于实现对等式和主-从式控制策略。

本部分描述第 2~7 层的服务。在第 2 层(数据链路层)规范中,描述了 MAC 子层到物理层的接口。物理层提供传输媒体的选择。本部分描述的接口支持物理层的多种传输媒体。在第 7 层规范中,包含了应用所用的报文类型的描述,包括交换应用数据和网络管理数据所用的报文类型。

本部分适用于自动化控制系统及产品的设计、制造、集成、安装和维护等。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/Z 20177 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 9387.1—1998 信息技术 开放系统互连 基本参考模型 第 1 部分:基本模型(idt ISO/IEC 7498-1:1994)

GB/T 16262—1996 信息处理系统 开放系统互连 抽象语法记法一(ASN.1)规范(idt ISO/IEC 8824:1990)

GB/T 16263—1996 信息处理系统 开放系统互连 抽象语法记法一(ASN.1)基本编码规则规范(idt ISO/IEC 8825:1990)

3 术语和定义

本章介绍 GB/Z 20177 的本部分采用的基本名词术语。这些术语大部分是通用的,并且在本部分中的含义与通用含义相同。但有些术语有细微的差别。例如,通常网桥是基于第 2 层的目的地地址选择性地转发。但在本部分的协议中没有第 2 层编址,所以网桥转发所有数据包,只要数据包中的域地址与网桥所在的域地址相同。路由器通常是执行网络地址的修改,使具有相同传输层但不同网络层的两种协议能互相连接,形成单一的逻辑网络。本部分的路由器可以执行网络地址的修改,但通常它只检查网络地址字段并根据网络层地址字段选择性地转发数据包。

3.1

信道 channel

连接一个或多个通信节点的具有一定带宽的物理单元。参见附录 E 关于本部分的信道和子网之间关系的进一步解释。

3.2

物理层中继器 physical repeater

恢复一个信道段上进入的物理层信号的幅度,并将其转发到其他信道段的设备。

3.3

存储转发中继器 store-and-forward repeater

存储复制数据包并送到另一个信道的设备。

3.4

网桥 bridge

连接两个信道(X、Y)的设备,将所有数据包从 X 信道转发到 Y 信道,或反之。只要这些包源自网桥所从属的域之一。

3.5

配置 configuration

设备用于定制其操作的非易失信息,每一设备中都有为了协议正确运行以及可选的应用运行的配置数据。存储在每一设备中的网络配置数据都有一个与该数据有关的校验和。例如节点地址、通信媒体参数,优先权设置等都是网络配置数据,应用配置信息是专用于应用程序的。

3.6

域 domain

用于管理一个网络单元的虚拟网,组(3.10)和子网(3.8)地址由负责管理这个域的管理员分配,并只在该域中有意义。

3.7

柔性域 flexible domain

用于连结节点唯一标识和广播编址。如果地址相符,节点将对节点唯一标识编址的报文响应,而不管该报文是从哪个域发送来的。为使发送者能接收到响应,该响应必须转送到它被接收的域,并且在该事务处理期间这个域必须被保存,以便对可能的重发进行重复检测。这个在节点中临时的域地址称为柔性域。一个节点能支持多少个柔性域与实现有关,但最少需要一个。

3.8

子网 subnet

一组通过同样的链路层协议可以访问到的节点;信道的路由抽象。本部分的子网限制最多有 127 个节点。

3.9

节点 node

物理节点的抽象,表示网络中最高程度的地址可分辨性,一个节点在子网中通过其(逻辑的)节点标识符来标识(寻址)。一个物理节点可从属于超过一个子网。这时,对于它所属的每一个子网都分配给它一个(逻辑)节点号。一个物理节点最多可以从属于 2 个子网,这 2 个子网必须在不同的域。一个节点在一个网络中也可以用它的唯一节点标识符(Unique Node ID)(绝对地址)来标识。

3.10

组 group

一个域内可唯一标识的节点的集合。在这个集合中,每个成员由其成员号来标识,组方便了一对多的通信,旨在用于支持功能寻址。

3.11

路由器 router

通过有选择性地从子网转发到子网的方法,将数据包按确定的路径发送到它们相应的目的地的设备。一个路由器总是连结两个子网。路由器可以修改网络层的地址字段。路由器可以设置为下列 4 种模式之一:中继器、网桥、学习路由器和配置路由器模式。在中继器模式,所有接收到的数据包如果没有差错全部转发;在网桥模式,如果接收到的数据包没有差错,且与该路由器所属的域相符则转发;在学习模式,路由器通过检验数据包流量来学习拓扑结构;而在配置模式,路由器存储器存放了网络拓扑结构,完全按配置表的内容作路由的决策。

3. 12

(应用)网关 (application) gateway

在网络的最高协议层(通常是两种不同协议)进行网络互联,两个域也可通过应用网关连接。

3. 13

时间段 Beta1

紧跟在数据包后面的一个时间段。试图发送的节点侦听信道状态,如果在 Beta1 期间内没有监测到有发送,则确定该信道空闲。

3. 14

时间片 Beta2

随机时间片。一个想发送的节点产生一个随机时间延迟 T ,该延迟是 Beta2 期间的随机时间片的整倍数。

3. 15

网络变量 network variable

应用程序中的变量。在它被赋与一个新值时,其值自动传送到网络上。

3. 16

标准网络变量类型 standard network variable types; SNVT

具有标准语义的网络变量。这些变量在所有的应用程序中都以相同方法来解释,是可互操作性的基础。特定 SNVT 的定义超出了本部分的范围。

3. 17

手动服务请求报文 manual service request message

一个包含节点的节点唯一标识的网络管理报文。由接收该报文的网络管理设备用来安装和配置该节点。可由系统或应用产生,也可以由外部硬件事件触发。例如,当“手动服务请求”输入端跳变为低电平时。

3. 18

事务 transaction

相互关联的报文序列。例如一个请求和对该请求的响应是一个单次事务的全部。在某事务中当所有期望的报文从所涉及的每个节点最少收到一次时,该事务就完成了。在本部分中,如果在一个事务中任何期待的报文没有收到则事务失败。在发生瞬时差错时,在一个事务中报文重发机制用于提高事务成功的几率。

3. 19

控制网络 control network; CN

监测传感器、控制执行器、可靠地通信、管理网络操作和提供对网络数据全面接入的任何装置的集合。GB/Z 20177 特指 LONWORKS 控制网络。

3. 20

唯一节点标识 Unique_Node_ID

分配给每个符合 GB/Z 20177 节点的、唯一的 48 比特位的标识符。这个标识符是全世界唯一的,并且在制造时设定。这个标识符的值从节点制造完成后就不再改变。

4 符号和缩略语

4. 1 符号和图形表示

图 2 所示是基于本协议的网络基本拓扑结构及用于本部分的符号表示法。

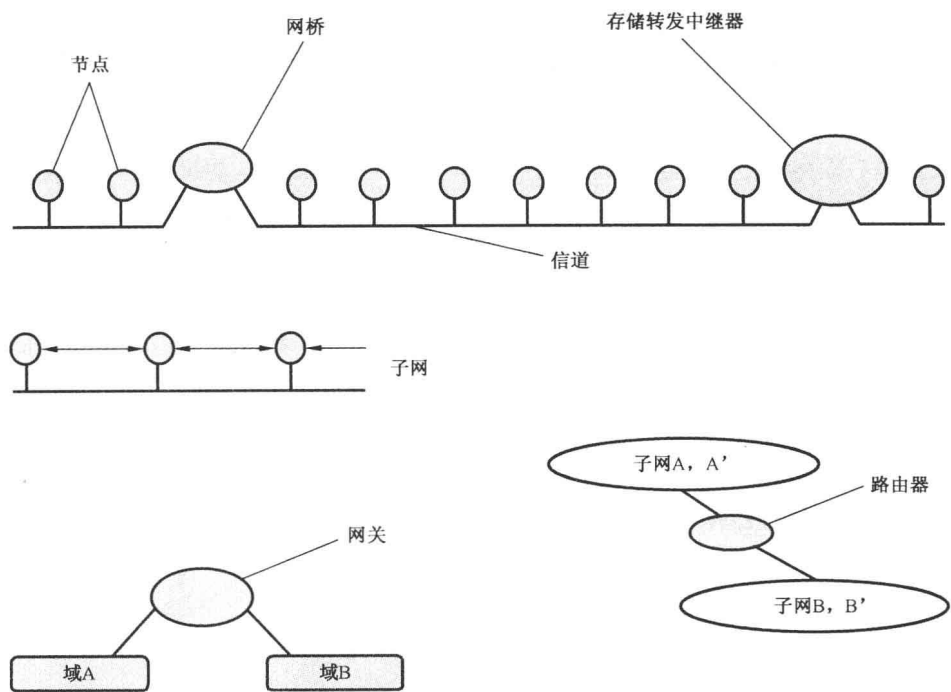


图 2 网络拓扑和符号

本协议分层使用标准 OSI 的术语描述,如图 3 所示。

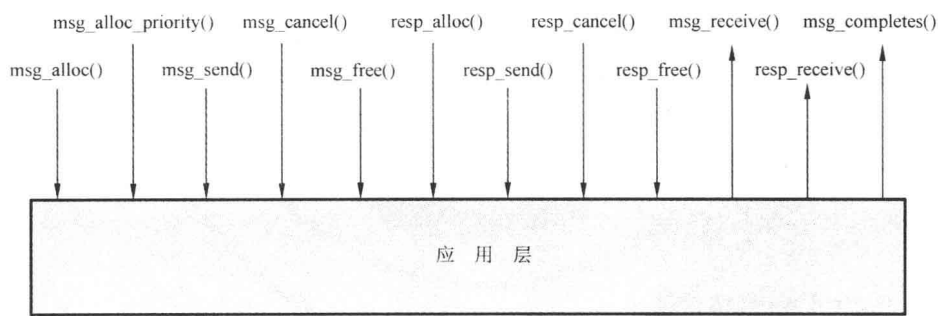


图 3 协议术语表示法

4.2 缩略语

用于本部分中的协议数据单元(PDU)的缩略语有:

PPDU	Physical Protocol Data Unit, or frame	物理协议数据单元(帧)
MPDU	MAC Protocol Data Unit, or frame	MAC 协议数据单元(帧)
LPDU	Link Protocol Data Unit, or frame	链路协议数据单元(帧)
NPDU	Network Protocol Data Unit, or packet	网络协议数据单元(数据包)
TPDU	Transport Protocol Data Unit, or a message/ack	传输协议数据单元(报文/确认)

SPDU	Session Protocol Data Unit, or request/response	会话协议数据单元(请求/响应)
NMPDU	Network Management Protocol Data Unit	网络管理协议数据单元
DPDU	Diagnostic Protocol Data Unit	诊断协议数据单元
APDU	Application Protocol Data Unit	应用协议数据单元
FSM	Finite State Machine (diagram)	有限状态机(图)
CSMA	Carrier Sense, Multiple Access	载波侦听, 多路访问
MAC	Medium Access Control	媒体访问控制

注：附录 D(PDU 汇总)含有这些 PDU 的细节。

5 协议分层概述

本部分规定的协议由图 4 所示的各层所组成,每层描述如下。

在基于本部分的系统中允许多种物理层协议和数据编码方法,每种编码方法与媒体有关。

MAC 子层采用避免冲突的算法,称为可预测 p -保持 CSMA。为了简化和与多播协议兼容等若干原因,链路层支持简单的无连接服务,其功能限于组帧、帧编码和差错检测,无差错恢复的重发机制。

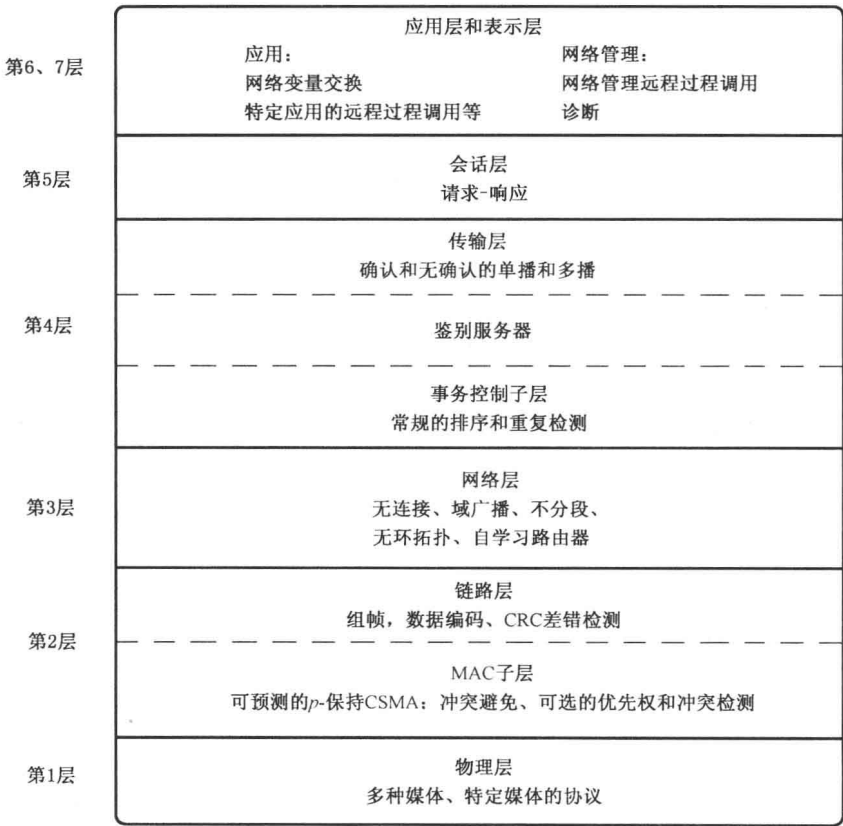


图 4 协议分层

网络层处理在域内的数据包传输,不提供域间通信,网络服务是无连接、无确认,既不支持报文分段也不支持报文重组。网络层采用学习拓扑的路由算法,假定网络拓扑是树状的;具有配置表的路由器对有物理环路的拓扑结构也可以运行,只要其通信路径逻辑上是树状的。在这种拓扑下,数据包在路由器的包来源一侧不能出现多于一次。单播的路由算法使用最小开销的学习算法,不增加额外的路由流量。单播和组编址均支持使用配置路由表,虽然在许多应用中组编址报文简单地采用扩散法就足够了。

协议层次的核心是传输层和会话层。传输层和会话层公共的事务控制子层处理该两层的事务排序和重复检测。传输层是无连接的,能可靠地将报文提交给单个或多个目的地。报文发送者身份的鉴别包含在传输层服务中,当需要对发送者的安全性进行鉴别时使用。鉴别服务器只要求事务控制子层完成其功能,因此,传输层和会话层报文可以使用除广播之外的任何寻址方式进行鉴别。

会话层提供简单的请求响应机制用于访问远程服务器。该机制提供了一个平台,在此基础上可以建立应用特定的远程过程调用,例如本部分网络管理协议就依赖于会话层的请求-响应机制。

传输层确认报文期待来自远程目的地的报文提交的指示。会话层请求报文期待应用特定的远程任务已完成的指示,一个给定的报文只使用某一种服务,不能使用两种服务。

本部分包括表示层和应用层的最低一级。这些层提供发送和接收应用报文的服务,包括网络变量和其他报文类型,如网络管理、诊断报文消息和外部帧(见第 12 章)。对于网络变量更新,APDU 首部提供如何解释该 APDU 的信息。这一与应用无关的数据解释使得数据能在节点之间共享而无需事先安排。

6 MAC 子层

6.1 提供的服务

本部分 MAC 子层便于媒体访问,带有可选的优先权和可选的冲突检测/冲突解决。它使用被称为可预测 p -保持 CSMA 的协议,类似于 p -保持 CSMA 协议集。

可预测 p -保持 CSMA 是一种避免冲突的技术。利用对信道负载的预测随机化对信道的访问。一个节点想要传输时总是随机延迟一段时间(0.. w)后才访问信道。为避免在高负载时吞吐量降低,随机窗口 w 的大小是估计信道使用统计 BL(backlog)的函数,见公式(1)。

$$w = (BL \times W_{base}) - 1 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

W_{base} ——基本窗口大小,以时间来度量,其区间出自 Beta2(见 6.7),等于 16 个 Beta2 时间片;

BL——信道使用统计估计(见 6.8)。

6.2 链路层接口

如本章所述,MAC子层紧密耦合到链路层。MAC子层负责媒体访问,链路层处理所有第 2 层其他的问题,包括组帧和差错检测。为了解释,该两层之间的接口以图 5 的方式描述。

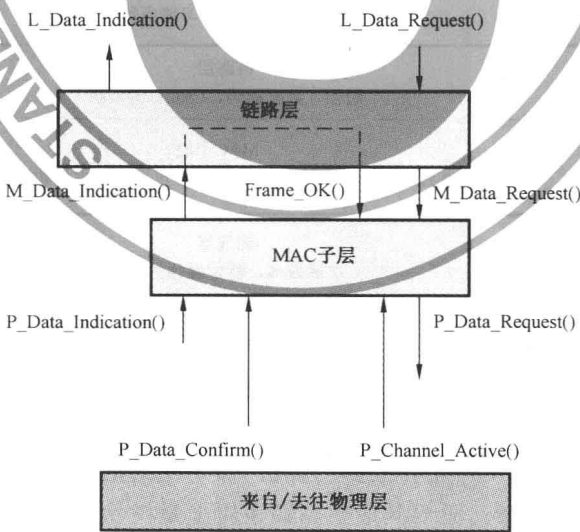


图 5 MAC 层与链路层的接口

虽然服务接口原语使用类似于编程语言的过程调用语法来定义,但其中并不隐含实现的方法。帧接收完全由链路层处理,并通过 Frame_OK()原语通知 MAC 子层关于信道使用统计的增加。

下面的服务接口原语方便了链路层与 MAC 子层之间的接口:

M_Data_Request(Priority,delta_BL,Alt_Path,LPDU)

该原语被链路层用于将一个输出的 LPDU/MPDU 传递给 MAC 子层。优先权定义了数据帧被发送的优先级别;delta_BL 是期待的由于提交该 MPDU 产生的信道使用统计增量。Alt_Path 是一个二进制标志,指明该 LPDU 是在主信道还是备用信道传输,其波特率等。关于如何设置 Alt_Path 见 6.4。

Frame_OK(delta_BL)

在接收到一个帧并且验证其 CRC 正确无误时,链路层调用该原语,通知 MAC 子层关于与刚接收的帧相关联的信道使用统计增量。

M_Data_Indication()

对每一个进入的 LPDU/MPDU,MAC 子层给链路层提供一次该指示。

6.3 物理层接口

物理层处理二进制数据的实际发送和接收。本部分控制网络协议支持多种物理层协议,提交给链路层的比特误码率必须小于或等于 10^{-4} 。为了与高层协议兼容,所有物理层协议必须支持所定义的服务接口(见图 5):

P_Data_Indication (Frame)

对每个进入的 LPDU/MPDU,物理层给 MAC 子层提供一次该指示。

P_Data_Request (Frame)

MAC 子层用这一原语将一个编码的 LPDU/MPDU 帧传递给物理层立即发送。比特位传输顺序在附录 D 中定义。

P_Data_Confirm (Status)

物理层返回状态 Status 指明该帧是否已被发送过。Status 可能有三个值:

success(成功)——指明该帧被发送;

request_denied(请求被拒绝)——指示发送前已检测到通信线路有活动;

collision(冲突)——指示发送已开始,但检测到冲突。发送是否中断取决于冲突在什么时候被检测到(见 6.10)。

P_Channel_Active()

物理层使用这一原语将信道状态传递给 MAC 子层,这一指示表明有活动,但不必是有效数据。

6.4 MPDU 格式

MPDU/LPDU 组合的格式如图 6 所示(附录 D 含有 NPDU 帧的细节)。

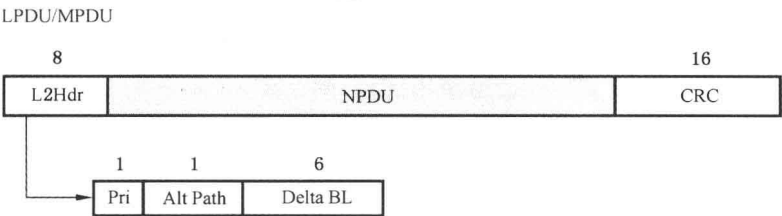


图 6 MPDU/LPDU 格式

MAC 子层使用 L2Hdr 字段,其语法和语义如下:

Pri:1 比特位字段,规定该 MPDU 的优先级:0=普通,1=高;

Alt_Path:1 比特位字段,规定使用的信道,供收发器使用。该收发器能够在两条不同信道上传输,并可在任何一条信道上接收而不需要明确指示收发器在某一条信道上接收。除非在每次传输时,要求规定备用路径,传输层在最后两次尝试中设置该标志位(对于确认和请求/响应服务)。对于任何接收到的数据包,如果 Alt_Path 标志位被设置,并且要求确认、响应、质询或应答,那在相应的确认、响应、质询或应答中,Alt_Path 标志位也应该被设置。

Delta_BL:6 比特位无符号字段(≥ 0);规定提交该 MPDU 所产生的信道使用统计的增量。

6.5 可预测 p -保持 CSMA 概述

如同 CSMA,可预测 p -保持 CSMA 在传输前侦听媒体。试图传输的节点监听信道状态(见图 7),如果在 Beta1 周期内检测到没有信息发送,则确定信道处于空闲状态。在该 Beta1 周期内没有数据包要发送的节点在优先时间片期间以及最小的 W_{base} 随机时间片期间保持同步(见 6.10)。这一同步的维持,允许在 Beta1 时间结束后到达 MAC 子层输出队列中的数据包,按照有数据包要传输的其他节点所要求的有效时间片期间内传输。

随后,该节点生成随机延时 T (传输),它处于时间间隔 $(0 \dots (BL \times W_{\text{base}}) - 1)$ 内,其中 W_{base} 是基本随机窗口内随机时间片的数目, BL 是当前信道使用统计估计值, T (传输)定义为 Beta 2(见 6.7 和 6.8)期间随机时间片的整倍数。如果在延迟时间到时信道空闲,则该节点发送数据包,否则该节点接收入向数据包,然后重复 MAC 算法。在图 7 中, D_{mean} 是数据包之间的平均随机延时,并且,随机延时 T 是均匀分布的,对于小数值的 BL , D_{mean} 的计算见公式(2):

$$D_{\text{mean}} = (W_{\text{base}} - 1) / 2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

D_{mean} ——数据包之间的平均随机延时;

W_{base} ——基本随机窗口内随机时间片的数目。

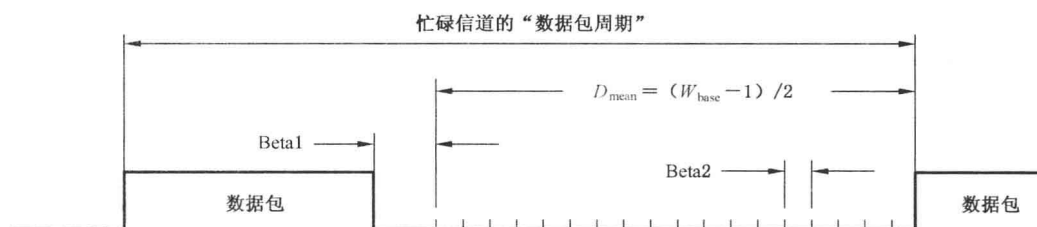


图 7 可预测 p -保持 CSMA 概念和参数

通过调整随机窗口的大小作为预测负载的函数,这个算法保持冲突率不变,并且与负载无关。只要估计的信道使用统计大于或等于实际的信道使用统计,则公式(3)成立:

$$\text{冲突率} = \text{差错包周期} / \text{无差错包周期} \leq W_{\text{base}} / 2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

W_{base} ——基本随机窗口内随机时间片的数目。

GB/Z 20177 采用的基本窗口大小为 16,这就意味着在相邻数据包之间平均有 8 个宽度为 Beta2 的随机时间片和 1 个宽度为 Beta1 的时间片。而且,Beta2 周期的宽度对信道使用效率是极重要的。

预测 CSMA 算法见附录 A.1。

6.6 空闲信道检测

当满足下列两个条件时,判定信道为空闲:

- 当前信道状态由物理层通过 P_Data_Indication () 原语报告为低,且,
- 在最后一个 Beta1 周期无跳变被检测到。注意,MAC 子层可以被配置为在 Beta1 周期某一部分时间内忽略跳变,这部分忽略跳变的时间(在这段时间内即使出现跳变也被假定为信道空闲)被称为不确定时间(详见 6.11)。

Beta1 周期长度由公式(4)确定:

$$\text{Beta1} > 1 \text{ 比特位时间} + (2 \times \text{Tau}_p + \text{Tau}_m) \dots\dots\dots (4)$$

式中:

Beta1——紧跟在数据包后面的时间片(见 3.13);

Tau_p——由信道媒体长度确定的物理传播延时;

Tau_m——MAC 子层检测和回转延时。即从检测到信道空闲条件的时间开始到输出点出现第一个输出跳变。在有载波的媒体上,该时间必须包括从打开载波到媒体上判定出现有效载波之间的一段时间。

第一项假定数据编码方法保证在每 1 比特位时间跳变和/或载波。如果所用的编码方法不满足该限制条件,则第一项必须调整为信道可以表现为空闲但不是出现空闲的最长时间,即合法数据传输的最长时间,中间无须判定在媒体上的跳变和/或载波。第二项负责传播和回转延时。

6.7 随机化

在随机化周期开始时,想要发送的节点产生一个随机延时 T(发送),它处于时间间隔 (0... (BL × W_{base}) - 1) 内。然后该节点在这段时间内等待,同时继续监听信道状态,当延时已到且信道仍然空闲,该节点则发送数据。

发送延时 T(发送)是 Beta2 时段内随机时间片的整倍数;随机时间片的长度必须满足公式(5):

$$\text{Beta2} > 2 \times \text{Tau}_p + \text{Tau}_m \dots\dots\dots (5)$$

式中:

Beta2——随机时间片(见 3.14);

Tau_p——由信道媒体长度确定的物理传播延时;

Tau_m——MAC 子层检测和回转延时。即从检测到信道空闲条件的时间开始到输出点出现第一个输出跳变。在有载波的媒体上,该时间必须包括从打开载波到媒体上判定出现有效载波之间的一段时间。

6.8 信道使用统计 BL(Backlog)估计

MAC 算法的预测方面是基于信道使用统计的估算。每一节点都保持一个当前信道使用统计 BL 的估计值。即由于发送或接收一个 MPDU 而产生的增量或周期性的减量——每一数据包周期一次。信道使用统计被编码到链路层首部,表示该数据包在被接收时产生的报文数目。信道使用统计初始化时置为 1,在发送或接收非零信道使用统计增量的数据包之后,该节点的信道使用统计估计值由该信道使用统计的增量来增加。最大信道使用统计值是 63,如果超过 63,则信道使用溢出统计值加 1(见 13.8.1 和 B.7)。

在下列条件之一的情况下信道使用统计减 1:

在等待发送时:如果 W_{base} 随机时间片过去而没有信道活动。

在接收时:如果一个信道使用统计增量为“0”的数据包被接收。

在发送时:如果一个信道使用统计增量为“0”的数据包被发送。

在空闲时:如果一个数据包周期时间结束而没有信道活动。

每当信道使用统计改变时数据包周期定时器复位为初始值。每当 MAC 层变为空闲数据包周期定