

面向连接的无线窄带信道传输协议^①

焦 蓉, 徐卫军, 刘经纬

(华北计算技术研究所, 北京 100083)

摘 要: 面向连接的无线窄带信道传输协议是适用于无线窄带广播信道上的链路层组网协议。从一个通信协议设计的角度详细阐述了面向连接的无线窄带信道传输协议帧结构的设计、初始化流程的设计、数据传输流程的设计以及时隙的动态管理机制的设计。从实际效果看: 该协议采用了时分复用的传输方式、时隙的动态管理机制以及面向连接的服务等数据通信技术, 解决了窄带广播信道数据通信效率低的难题; 另外, 该协议的设计基于 TCP/IP 的体系结构, 为透明传输 IP 提供了可靠保障。

关键词: 窄带信道; 时隙; 时隙队列; 动态时隙管理

Connection Oriented Transfer Protocol in the Wireless Narrow-Band Channel

JIAO Rong, XU Wei-Jun, LIU Jing-Wei

(North China Institute of Computing Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: Connection-oriented transmission protocol in the wireless narrowband broadcast channel is a kind of data link layer protocol for constituting a network in the wireless narrowband broadcast channel. In the way of how to design a communication protocol, the design of wireless data network transmission protocol frame structure, the design of initialization process, the design of data transmission process and the mechanism of the time slot dynamic management are introduced. From a practical effect, since the time-division multiplexing transmission mode, the mechanism of the time slot dynamic management and the connection-oriented service are used in the protocol. The problem of the low data communication efficiency in the wireless narrowband broadcast channel is solved. Additionally, the reliable IP data transmission is transparently provided based on the TCP/IP architecture.

Key words: narrowband; time slot; time slot queue; dynamic time slot management

随着网络技术的发展, 无线广播通信网络也有了很大的发展。宽带广播信道由于其抗干扰能力和安全性都比较高, 很适合数据通信, 故现有的组网协议和标准大多数是基于宽带广播信道开发的。但是, 无线宽带广播信道在传输距离上的限制, 使其不适合长距离的数据通信。窄带广播信道的传输距离比宽带信道远、而造价则大大低于卫星通信^[1], 因此, 在远距离、低数据量的通信中短波通信还是有它的应用前景的^[2]。但是窄带信道数据通信存在以下问题^[3-5]:

- 1) 链路建立时间长
- 2) 数据传输效率低
- 3) 信道利用率低

目前在短波和超短波等窄带广播信道上适用的组网协议很少, 特别是在这些窄带信道上透明地支持 IP 及其应用方面国内还没有一个成型的协议标准^[6]。面向连接的无线窄带信道传输协议就是针对这一现状进行设计的。

面向连接的无线窄带信道传输协议使用时隙控制机制、动态时隙管理等数据通信技术, 解决窄带广播信道链路建立时间长、数据通信效率低的难题, 为透明传输 IP 提供了可靠保障。

面向连接的无线窄带信道传输协议可支持短波、超短波等电台数据信道, 根据系统间的数据传输效果对信息提供可靠与高效数据传输服务。

^① 收稿时间:2014-06-23;收到修改稿时间:2014-08-06

1 协议设计

1.1 基于时隙的链路控制

在短波通信中，各站点使用同一频段的信道，即广播信道，目前有些短波通信协议为了解决广播信道的问题，也提了一些解决方法，比如：信道竞争^[7]、令牌发放^[8]等，但是，这些方法在抢占信道或分配信道资源的过程中都会耗费信道资源。因此，为了有效提高信道的利用率，我们采用基于时隙的链路控制分配信道资源^[9,10]。

在面向连接的无线窄带信道传输协议的设计中，把时间按周期分割成时隙队列，每个时隙队列由一个管理时隙和若干个用户时隙组成，如图 1 所示。系统根据一定的时隙分配原则，使各个站点在每时隙队列内只能在指定的时隙发送数据。在整个网络满足定时和同步的条件下，各站点的信号互不干扰。

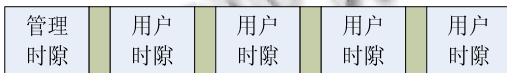


图 1 时隙队列构成示意图

由于短波信道的带宽很窄、信道质量相对较差，导致数据传输的时延较长且不稳定，因此，在各个用户时隙间都设置了时隙隔离带，数据不会因为时延而造成碰撞，从而导致整个信道的不可用。

整个时隙队列中的时隙是动态分配的，管理时隙就是用于发布动态时隙分配的信息，同时，也用于标记一个时隙队列的开始，以供入网站点监听时隙的状态。

基于时隙的链路控制重点要解决的是通信中的同步和定时问题，否则会因为时隙的错位和混乱而导致接收端无法正常接收信息。

目前，有关时间同步的技术虽然不少，然而都是基于信道具备较高的稳定性和可靠性而设计的。短波信道的特点是带宽窄、速率低，而且时延的抖动问题很严重。因此，靠短波信道进行时间的同步在是不现实的，只能借助其他辅助手段。配有短波电台的数据移动单元一般都会配有具有定时和定位功能的 GPS 设备。基于这一条件，面向连接的无线窄带信道传输协议的定时选用 GPS 设备提供的卫星时钟信号作为时间同步的基准。

1.2 网络拓扑结构

面向连接的无线窄带信道传输协议的网络拓扑结

构图如图 2 所示。由于协议使用的是窄带广播信道，因此网络的拓扑结构是总线型的。

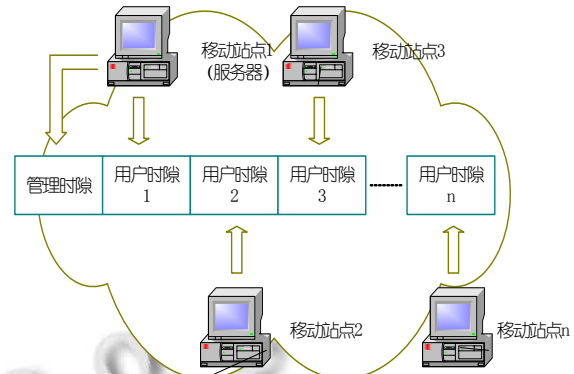


图 2 协议的网络拓扑结构

面向连接的无线窄带信道传输协议的网络拓扑是网状的，任意两个移动站点之间都可以进行数据的交换。

在协议建立的初始阶段，谁先抢占信道谁就是服务器。服务器负责填写管理时隙，维护整个网络的时隙队列的连续性和时隙的动态分配，同时也是一个具有数据交互功能的数据移动单元。从某种意义上说，各个普通站点都是备份服务器，在每个站点内都维护着整个网络的信息，一旦服务器宕机，网内将按照服务器的竞争策略推选一个站点做为新的服务器来接管时隙的管理。

1.3 提供面向连接的服务

在 TCP/IP 协议组或者 ISO/OSI 模型中，只有 TCP 提供面向连接的端到端的数据服务，而链路层并不需要考虑数据传输的可靠性，这样做降低了网络节点和端设备的复杂性。然而，在传输质量不高、误码率较高的网络中，由于错误数据的重传会在无形中加大网络的负荷，因此，在面向连接的无线窄带信道传输协议的设计时，在数据帧的处理中加入了关于数据传输的确认机制，以弥补网络信道的不足、确保传输的可靠性。

2 帧结构设计

面向连接的无线窄带信道传输协议是一个链路层的协议，它主要完成对 IP 数据的承载和链路上时隙信息的传递。

面向连接的无线窄带信道传输协议是建立在无线

窄带信道上的, 由于窄带信道的数据传输带宽很低, 因此在帧结构的设计上要求尽量提高信道利用率, 即提高每一帧中有效数据的比例; 同时, 由于窄带信道的误码率很高, 为了减少数据的重传, 需要限制每一个帧的大小. 因此, 协议在帧结构的设计上以尽量减少无用信息、压缩帧长度的原则进行设计. 帧结构如图 3 所示.

帧标识	类别	数据部分	CRC	帧标识
8	3		8	8

图 3 帧结构

协议帧由四部分组成:

1) 帧标识: 由 8 个固定的 Bit——0x7e 组成, 标志着一个帧的开始和结束.

2) 类型: 由 3 个 Bit 组成, 标志不同类型的帧. 协议共有 8 种不同类型的帧.

3) 数据部分: 根据帧类型的不同, 数据部分的内容不同, 数据部分主要包括协议有关的信息如站点地址、帧长度等, 以及协议承载的 IP 数据.

4) CRC: 对整个帧的校验信息.

由于标志字符的值是 0x7e, 因此当该字符出现在数据字段中时, 需要对它进行转义. 使用特殊字符 0x7d 用作转义字符, 当它出现在数据帧时, 紧接着的字符的第六个比特要取其补码, 具体实现过程如下:

a) 当遇到字符 0x7e 时需连续传送 2 个字符 0x7d 和 0x5e, 以实现标准字符的转义.

b) 当遇到转义字符 0x7d 时, 需连续传送 2 个字符 0x7d 和 0x5d, 以实现转义字符的转义.

由于面向连接的无线窄带信道传输协议是用于低速的串行链路, 因此减少每一帧的字节数可以提供信道的使用效能, 而面向连接的无线窄带信道传输协议支持 TCP/IP 协议, 可以提供 IP 的透明传输, 这就意味着, 每传输 1 个字节的数据就需要 20 个字节的 IP 首部和 20 个字节的 TCP 首部. 因此, 面向连接的无线窄带信道传输协议采用首部压缩的方法, 减少 IP 和 TCP 首部的长度.

协议在设计时, 帧的种类有以下几种:

1) 数据传输帧: 用于承载 IP 数据, 负责数据的发送和已收数据的确认.

2) 入网申请帧: 用于普通站点和服务器的入网申

请和离线声明, 以及网络建立阶段普通站点和服务器的身份确认.

3) 时隙管理帧: 有关时隙管理信息的发布帧, 是由服务器在管理时隙分发的时隙管理帧.

4) 时隙申请帧: 站点提交的时隙申请帧和时隙上交帧, 是服务器进行动态时隙管理的依据.

3 组网设计

3.1 信道建立

1) 参数设置

在面向连接的无线窄带信道传输协议开始工作之前, 需要人工进行一些参数的初置(有些参数是缺省的, 有些参数在信道状况改变时必须重新设置).

当入网站点的地址参数改变时, 如有地址表以外的站点将要加入或网络地址改变, 需要人工进行设置更改. 这时, 协议将会按照新的参数重新进行连接.

需要设置的参数有: 信道数率、站点 IP 地址、时隙占用参数.

2) 站点入网描述

当站点准备入网时, 首先对信道进行监听(缺省为 2 个建网时隙队列的时间), 观察目前信道的状况, 并以此决定自己入网的方式.

在站点进入监听状态前, 要先确定监听进程的起始时间点, 以避免不同站点在入网时因起始点不同而发生碰撞.

站点入网时可能出现的状况有以下三种.

1) 网内没有已入网的站点

站点监听 2 个时隙队列的时间段, 如果发现信道内没有任何“声音”, 则表明目前还没有站点入网. 则站点将在缺省队列中、自己的发送时隙里向全网发送服务器入网申请帧(第一个入网的站点将作为服务器).

如果网络中存在其他准备入网的站点, 则在收到服务器入网申请帧后在自己的缺省时隙里作为普通站点发出自己的入网申请, 并对服务器状态做出确认.

在收到身份确认后, 作为服务器的站点将进行服务器初始化——根据各站点发送的站点入网申请整理站点状态列表, 并通告各站点准备进入数据传送状态.

如果网内没有其他站点存在, 站点将不停地在自己的时隙中发送服务器入网申请, 直到收到其他站点的确认为止.

当然, 也有可能存在这样的情况, 站点 1 和站点 2

同时准备入网, 站点 1 首先发出了服务器入网申请, 但是由于信道的的原因站点 2 并没有能及时收到站点 1 发出的服务器入网申请, 站点 2 在自己的缺省时隙里也发出了服务器入网申请. 这时出现了 2 个站点竞争服务器身份的情况, 本协议的服务器竞争原则是:

- a) 最早入网: 先入网的站点将抢占服务器的地位.
- b) 地址最小: IP 地址越小的站点越有可能成为服务器.

由此, 在这种状况下, 入网时间已经不能成为判别服务器地位的有效原则. 此时, 地址大小将是服务器竞争的原则. 那么, 在上述假设中, 已经发出了服务器入网申请的站点在收到其他服务器的入网申请时, 将对其 IP 地址进行比较:

如果对方站点的 IP 地址比自己大, 则忽略其发出的服务器入网申请, 本站点将继续发送服务器入网申请, 直到收到服务器身份确认为止;

如果对方站点的 IP 地址比自己小, 则放弃对服务器身份的竞争, 同时向对方发出服务器确认信息、确认对方的服务器身份, 以普通站点的身份入网.

2) 网络中已存在入网站点

如果网络正处在建网阶段, 并且已经有站点发出了服务器入网申请, 但是服务器暂时还没有接管管理时隙. 站点将发出对服务器的身份确认信息, 同时通告自己的身份, 作为普通站点入网.

3) 网络处于数据发送状态

如果信道已进入数据发送状态, 即服务器已经接管了管理时隙、并通告了时隙参数, 站点将监听时隙队列, 并根据目前服务器在管理时隙发布的管理信息同步自己的时隙参数、创建站点状态列表和时隙分配状况列表, 并听从管理时隙的指挥. 站点将在服务器为自己分配的时隙里发送入网申请, 服务器在收到站点的入网申请后, 将立即更新站点状态列表、重新计算时隙的分配参数.

3.2 初始化流程

面向连接的无线窄带信道传输协议在建网阶段的过程包括时隙队列与站点状态列表的初始化、端口监测、信道监听、服务器申请入网模块、普通站点申请入网模块以及服务器初始化模块等. 其初始化流程图如图 4 所示.

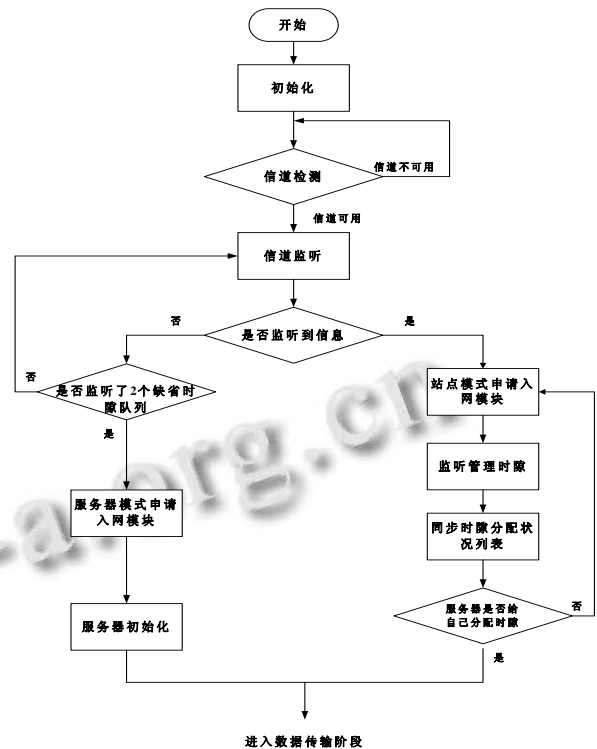


图 4 初始化流程图

3.3 数据传输流程

数据传输流程包括普通站点与服务器的数据传输流程. 其中, 普通站点数据的数据传输流程如图 5 所示.

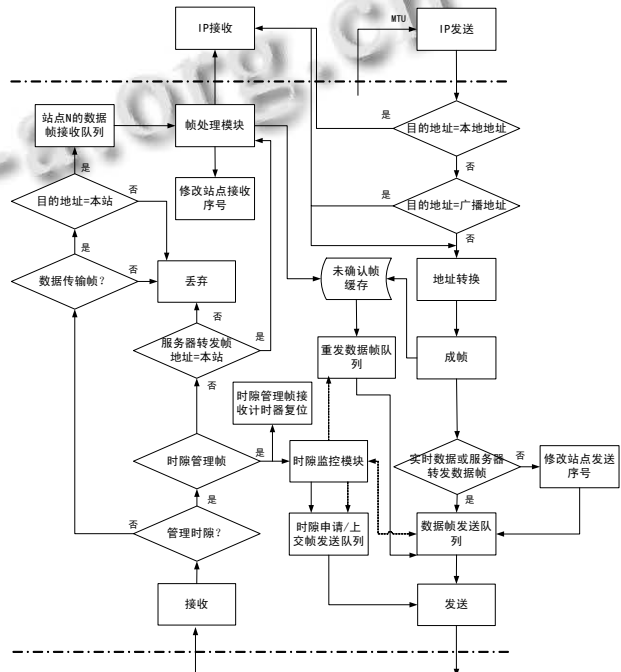


图 5 普通站点数据的数据传输流程

服务器的数据传输流程如图6所示。

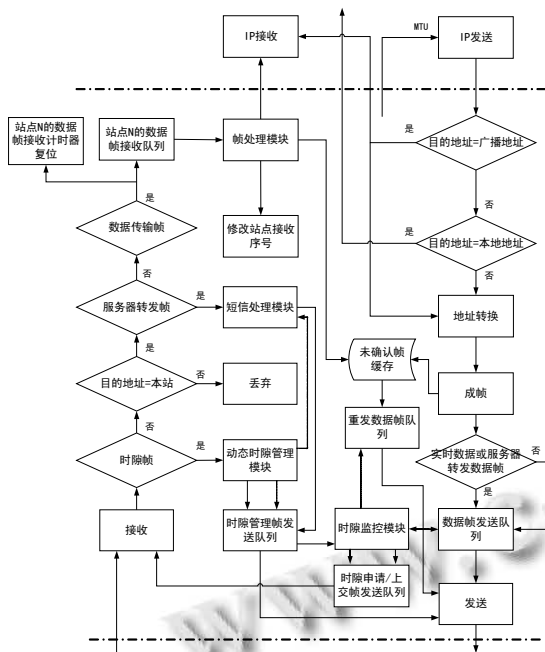


图 6 服务器的数据传输流程

3.4 时隙动态管理

虽然在网络建立伊始，分配给网内各站点的时隙数目就已经确定，但是由于网内各站点的状态是随时会改变的，比如离线、暂时没有数据发送，时隙队列的利用率并不是100%，为了提高信道的利用率，面向连接的无线窄带信道传输协议引入了时隙的动态管理概念。

时隙的动态管理是由服务器来完成的，针对时隙的动态管理，服务器上需要维护三个列表。

1) 时隙分配状况列表

时隙分配状况列表是服务器创建并维护的，网内的其它普通站点通过接收并复制服务器发布的时隙分配状况列表与全网的时隙队列同步。

2) 时隙申请情况列表

时隙申请情况列表用于存放已经发送了时隙申请帧的、但是目前还没被服务器分配时隙的站点的地址。时隙申请情况列表可以看作是站点对额外时隙申请的排队机制。

3) 时隙使用情况列表

时隙使用情况列表指明当前各个时隙被站点占用的情况，是服务器向全网通告空闲时隙和处理站点的时隙申请的依据。

3.5 服务器的竞争策略

当服务器离线时，网内就将出现关于新任服务器的竞争问题。关于站点对服务器地位的竞争存在2种情况：服务器正常离线和非正常离线。

服务器的正常离线的情况，在本文“普通站点数据传输流程”中的时隙监控模块流程和“时隙的动态管理”中的时隙相关帧接收处理模块中已经做了详细的论述。本节主要讨论在服务器非正常离线时，站点间是如何进行服务器地位的竞争的。

1) 判定服务器离线

在网内各站点上也为服务器发送的时隙管理帧设定了一个计时器，每当站点在管理时隙收到服务器发布的时隙管理帧后，就将计时器复位。如果站点在一个周期内都没有收到服务器发送的时隙管理帧，则站点将认为服务器已经离线。当站点没有收到服务器关于本次时隙队列的时隙管理帧时，为了防止信道的原因导致时隙管理帧接收失败，站点停止数据的发送，进入监听状态。

2) 服务器竞争策略

当站点确定服务器已经离线时，便启动服务器竞争策略。

首先，站点间对服务器的地位的竞争是“争夺性”的。当站点发现网内目前没有服务器，都跃跃欲试地准备发送本站的服务器入网申请帧。但是，从协议最初设计时隙队列的排序时，就已经决定了站点间的优先级，即站点的IP地址越小优先级越高。也就是说，IP地址小的站点越有可能竞争成功。

其次，当站点决定进行服务器的竞争时，站点便使用缺省队列对信道进行监视。如果到了自己的发送时隙，站点没有收到其它站点的服务器入网申请帧，则站点间发送服务器入网申请帧；否则，站点将对发送了服务器入网申请帧的站点进行服务器身份确认帧的发送。

已经发送了服务器入网申请帧的站点，在收到了其它站点对自己的服务器身份确认帧后，正式成为服务器，进行服务器的初始化。

4 实验验证

本文将以上研究成果部分转化成代码，基于短波信道进行了实验验证，搜集了各项测试数据，把通过研究得到的组网协议应用到业务应用中，通过对实验

数据的对比和分析,验证本文所提出的技术研究成果的正确性和可行性。

1) 实验环境

实验环境由短波信道、传输协议运行平台、业务终端组成。其中,短波信道由两个短波仿真平台组成,它模拟了短波电台和短波调制解调器的功能;面向连接的无线窄带信道传输协议运行在两台 PC 上,模拟短波通信组网设备;还有两台业务应用 PC,产生短波终端业务流量。

2) 实验结果

实验利用 web 浏览器、ftp 工具和自编的标准 TCP 传输软件,验证 IP 数据通过短波信道透明传输的可靠性和效率。

采用时分复用和 IP 包头压缩技术后,窄带无线信道的 IP 传输性能整体提高,经测试,在 DCE 设置为 2400bps、1200bps、600bps、300bps 时,用 web 浏览器、ftp 工具和自编的标准 TCP 传输软件传输文件,带宽均能提升 3%~5%,尤其是在 DCE 设置为 300bps 时依然能正常传输,说明传输协议有较高的可靠性。

5 结语

面向连接的无线窄带信道传输协议的主要优点如下:

1) 该协议有很大的通用性,适用于典型窄带广播信道。

2) 该协议采用时分复用传输模式、动态时隙管理方式,保证了网络在复杂电磁环境中的正常运行;通过面向连接的协议设计,和站点间时隙的动态分配,

从而提高了窄带广播信道的利用率和整个网络的传输效率;对各种异常状况制定了有效的应对策略,保证了网络的安全运行。

3) 面向连接的无线窄带信道传输协议对 TCP/IP 报头进行压缩,大幅提高了窄带信道的数据传输效率,高效地实现了 IP 网络通过窄带广播信道的互联互通。

参考文献

- 1 任志敏,黄国策,曹鹏.短波 IP 路由器架构及性能分析.通信技术,2009,42(1):146-148.
- 2 曹鹏,景渊,黄国策.一种基于短波 Mesh 网络的短波 IP 路由器模型.重庆邮电大学学报,2009,21(6):790-794.
- 3 任志敏,黄国策,曹鹏.短波 IP 网络中 IP 代理的设计与实现.信息技术,2009(4):147-149.
- 4 景渊,黄国策,陈延文,叶向阳,徐斌.基于边生命周期的短波 IP 网络随机图模式.电讯技术,2013,53(11).
- 5 景渊,黄国策,杨明,戚云军,陈尚华.短波 IP 广域网建模与仿真.计算机应用,2014,34(2):333-337.
- 6 景渊,李栓红,杨峰,黄国策,郭有波.短波 IP 网络中速率自适应与 SR-ARQ 性能分析.系统工程与电子技术,2013,35(1):184-190.
- 7 曹鹏,宋爱民,杨峰.一种改进的短波链路数据传输协议.电光与控制,2008,15(5):76-78.
- 8 邵晓廷,黄国策.短波信道接入令牌管理策略的研究.西安邮电学院学报,2007,12(1):68-70.
- 9 崔晶晶,袁媛.下一代网络中窄带协议与多媒体协议互通探究.电子世界,2012,24:168.
- 10 徐伯.移动无线接入网 IP 化重点问题.通信世界,2008(12).