

防空 C³I 通信网络的体系结构研究

陈西宏, 任全, 李亚辉

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:针对当前 C³I 系统的现状,基于开放系统互连/基本参考模型提出了防空 C³I 通信网络的链路维护层、网络传输层和信息表示层的三层模型。接着对每一层传输协议进行了分析,提出了相应的设计方法。同时重点讨论了网络传输层的功能和实现方法,给出了适用于防空 C³I 通信网络的路由选择协议。

关键词:防空 C³I 系统;通信网络;路由选择

中图分类号:TP393 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)03-0016-04

指挥、控制、通信和情报系统,即 C³I 系统,是现代战争和军事技术进步的产物。而以网络为中心的计算机技术、通信技术、数字化技术的突破,正在把这一系统推向新的境界。随着数字化战场的发展,战场上的各种武器平台横向连接起来,组成一个真正无缝的网络,各种信息在网络中准确、高速传输,能实时地对各种复杂的情况做出正确的反应。但是,随着通信网络系统不断扩大,通信方式不断多样化,网络节点数不断增多,使得通信网络的建设变的越来越复杂。由于战场环境的特殊性,不可能将现今 Internet 的成熟技术和设备直接应用。信息如何在多节点、多路由、多变化和强干扰的网络系统中传输的问题,将是 C³I 系统工作者们面临的一个难题。

1 防空 C³I 通信系统的网络层次

防空 C³I 通信系统是一个庞大的、复杂的网络系统,每个指挥中心都是网络上的一个节点。目前,单一的指挥中心内部大都采用了成熟的以太网技术进行信息的处理和传输,局域网之间的网络互连则采用了有线和无线通信方式构成星形拓扑结构的广域通信网络。

由于星形网络的各个节点进行信息交换时都要依靠中心节点进行转接,所以一旦中心节点出现故障将会直接导致整个系统瘫痪。即使是其中的某一条链路出现了故障,也会直接影响到该节点在整个系统中重要作用的发挥。所以在防空 C³I 通信系统中必须采用多通信手段、多路由的无中心网络结构才能满足现实的需要^[1]。

基于以上的考虑,在进行防空 C³I 系统通信网络的设计时,首先应该对其按照网络功能进行分层。依照 ISO 提出了开放系统互连/基本参考模型(OSI/RM)^[2],可以将防空 C³I 系统通信网络划分为链路维护层、网络传输层、信息表示层的三层模型。每一层实体按照自身规定的通信协议进行信息传输,来保证为其上层提供服务。分层结构如图 1 所示。下面对各层的功能进行介绍。

1) 链路维护层:完成相邻节点之间如何通过建立的有线、无线信道进行有效地传输数据。实现的主要

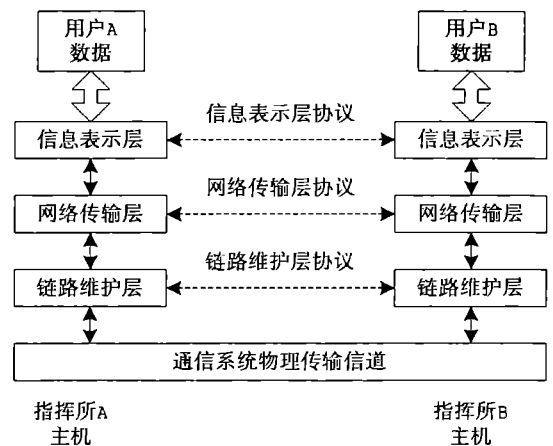


图 1 通信系统的网络层次

功能:①维护网络节点之间的点对点不间断链路连接;②将从网络传输层传送的数据分组划分为数据帧进行传输,完成数据分组的有序拆帧、装帧;③完成传输过程中的差错控制功能,保证数据帧的无差错传递;④报告通信链路状态。

2)网络传输层:完成从源节点到目的节点的数据报传送。网络传输层又分为网络层和传输层。其中传输层完成数据报的端到端的无差错传输;网络层完成数据分组在传输过程中的路由选择,以及网络节点的路由信息表生成等功能。

3)信息表示层:将用户要传送的空情、命令、情报和文件等数据按照规定的信息表示方法组织成一定的格式。对数据进行压缩、加密。

2 链路维护层协议分析与设计

地域不同的各级指挥所通过有线和无线通信方式构成了防空 C³I 系统的通信网络,有线、无线信道互为备份^[1]。其中有线通信采用光纤、埋地电缆、被复线等手段;无线通信采用微波、散射、短波和卫星等手段^[3]。链路维护层的主要功能就是保证在两个相邻节点之间通过有线、无线信道进行无差错通信,其通信协议的实现是由以下几个模块协同工作来完成。

1)链路维护模块:采用每 10 s 钟定时发送一次链路探测帧的方法对通信链路进行监测。如果在规定时间内收到应答帧,模块向链路状态登记表报告链路良好。当探测帧超时,模块则向状态登记表报告链路断开,同时调用链路连接子模块进行链路维护,维护好之后再在状态登记表中将链路状态改为良好。链路维护模块如图 2 所示。

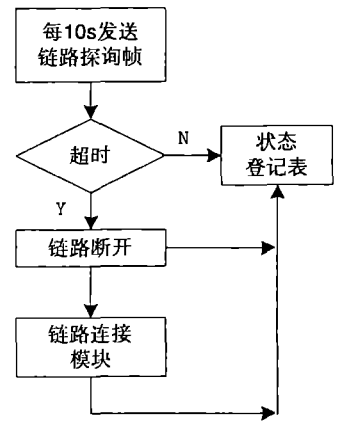


图2 链路维护流程图

2)数据传输模块:数据传输模块将网络层发送来的数据分组划分为固定格式的数据帧,按帧发送、接收数据,接收方将接收到的数据帧按顺序再重新组装为数据分组,交给网络层。同时它还完成链路的建立、拆除以及差错控制等功能。在数据传输中,由于一对节点之间存在多条备用信道,所以数据传输模块应该具备针对不同信道进行数据传输的功能。

3)链路状态登记表:链路状态登记表详细记录了当前节点与各相邻节点之间的链路状态。对于不同的通信链路,在表中分别标为不同的权值。当状态登记表发生变化,将会向网络层提交修改网络节点路由信息表的请求,由网络层的路由传播协议改变整个网络的路由信息。

3 网络传输层协议分析与设计

网络传输层可以具体分为网络层和传输层。其中网络层主要实现数据传输的路由选择功能。当数据从网络节点发送出去,要依据各个节点的路由信息表选择路径和代价综合值最小的路由进行传输,各个节点如何获取全网的路由信息是网络层要实现的功能之一。其次,考虑到防空 C³I 通信网络在战时容易受到干扰和破坏,网络中的路由信息经常变化等因素,如何在当网络路由信息发生变化后,通过路由传播协议网络能够最快达到收敛是网络层要实现的另一个功能。传输层则主要完成网络中两个终端节点之间可靠的数据流投递服务,提供数据传输中的流量控制和差错控制的功能^[2]。

3.1 网络层协议分析与设计

网络层主要由两个协议组成,它们分别是数据交换协议(Data Exchange Protocol)和报文控制协议(Control Message Protocol)。这两个协议协同工作,完成网络层的数据转发、路由选择和差错控制。同时在网络层进行数据传输,各网络节点必须保存整个网络的拓扑结构以及每个节点与相邻节点之间的链路通信代价,以便于数据传输的路由选择。当各节点之间的链路状态发生变化时,由路由传播协议(Route Transmit Protocol)及时通知各节点修改各自的路由信息表^[4]。

1)数据交换协议(DXP):DXP 是网络层的核心模块,它为传输层提供数据传输通路。DXP 基于统一的网络地址来标识网络中的各个节点实现节点到节点的数据传输。它把传输层的数据包首先分割成数据分组,然后按照数据包的目的地地址选择到达目的地的最优路径,封装数据分组并转发出去。DXP 是一种面向无连接的协议,数据包的错误重传则是由传输层来实现。

2) 报文控制协议(CMP):CMP 主要针对链路状况的变化而产生的。当数据分组的转发出错时,必然反映出链路状况的变化,从而激发控制报文去触发路由信息的改变。但它并不对丢失或出错的数据分组进行处理,而是通知数据分组的源主机丢弃整个数据包的全部分组数据。而数据包的重传由传输层来实现。同时 CMP 还可以进行数据链路的检测。

3) 路由信息表:当网络层采用 DXP 协议进行数据传输时,选择最优路径是依靠在各个网络节点当中线形查找路由信息表而实现的。路由信息表是为路由选择提供服务的。每个网络节点根据自己保存的全网拓扑图生成自身的路由信息表。全网拓扑图包含了网络中每个节点的信息和各节点之间链路通信代价。利用最短生成树算法生成该节点到其他各节点代价最小的最短路径^[5]。每当网络中的链路信息状态发生变化时,各个网关节点的全网拓扑图都会发生改变。当每个网络节点都获得了当前网络中的全网信息后,就称网络达到收敛,同时每个网络节点根据各自的全网拓扑图更新各自的路由信息表,以便可以正确传输数据。全网的收敛由路由传播协议来完成,当网络节点之间的链路状况发生变化时将触发路由传播协议。路由表的结构如图 3 所示。

到达网络节点1:	节点1地址	发送端口	下一节点地址	代价
到达网络节点n-1:	节点n-1地址	发送端口	下一节点地址	代价

在网络中共有n个节点,图中列出节点n到其他各节点的路径与代价

图3、节点n路由信息表

4) 路由传播协议(RTP):RTP 是用来完成网络拓扑信息的传送,以达到全网每个网络节点持有全网正确拓扑信息的目的。RTP 协议要求各网络节点在全网达到收敛之前,定期广播自己所持有的全网拓扑信息。当它接收到其他网络节点发送来的全网拓扑

信息时,与自身的信息对比,如果有不同之处,则修改自身的全网拓扑信息表,并广播修改后的结果;如果没有差别则进行等待。在经过 4~6 个周期后没有更新的数据到达,就认为全网达到收敛,开始按周期发送网络收敛报文。当到达收敛后,如果再次收到更新的全网网络拓扑信息,则全网再次进行收敛。网络收敛报文是全网达到收敛后,每个网络节点定期发送的状态正常信息报文,对于每个网络收敛报文的请求,都必须给予固定格式的应答报文。

3.2 传输层协议分析与设计

传输层主要完成网络中两个终端节点之间可靠的数据流投递服务,提供数据传输中的流量控制和差错控制的功能。在网络层中,数据分组从节点发送出去,按照网络中各节点的路由信息表选择路径和通信代价综合权值最小的路由进行网络传输,由于网络中各节点的路由信息表并不能总是处于最终的更新状态,并且考虑到网络阻塞的情况,数据分组发送不能被准确无误的传送到目的地址。所以由传输层协议来实现发送的数据分组能够可靠的投递。传输层协议必须具备流量控制和差错控制的功能。

从信息表示层送来的数据包按照网络性能在传输层按顺序被划分为一定大小的数据报文,传输层对数据的传送是以报文来记的。下面对传输层协议进行具体介绍。

1) 传输链路的建立和关闭:传输层协议采用三次握手协议来建立连接。采用改进的三次握手协议来关闭连接。如图 4 所示。其中 SYN 为同步报文段,FIN 为结束报文段,ACK 为肯定应答报文,seq 为通信双方协商的报文序号。

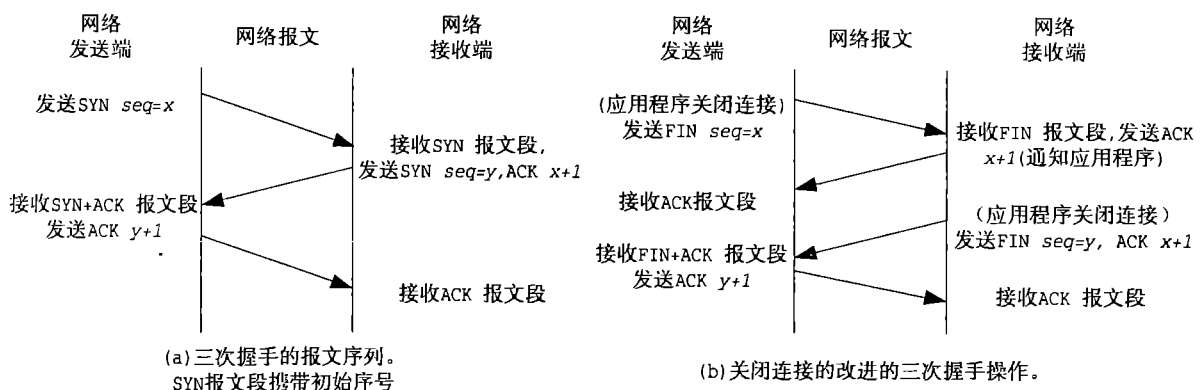


图4 传输链路的连接和关闭示意图

2) 数据报的网络传输:数据报在网络中发送和接收时都采用滑窗技术来控制数据发送、接收的速度。

双方通过协商来控制滑窗的大小,避免接收方数据缓冲区的溢出。相对于数据报的发送,双方共同约定确认信息的格式,以及计算机为了确保数据的正确到达而采取的措施,完成数据报传输的差错控制。

3) 数据报的超时与重传:当被传送的数据报在定时器设定的时间内没有得到回送的确认信息时,数据报应该被重传。协议采用自适应重传算法以适应网络时延的变化,当网络数据报出现重传时,最可能的原因就是网络的拓扑结构发生了变化,其次就是网络某个节点出现了数据阻塞,这两种情况都应该改变定时器的设定时间。

4) 网络传输的流量控制:当网络发生数据报阻塞时,应该采取加速递减技术减少数据报的发送;同时当阻塞结束后,也应该采取慢启动技术避免网络在流量为 0 和阻塞之间的震荡。

4 信息表示层协议的分析与设计

防空 C³I 通信网络的信息表示层提供的服务或主要功能有如下几方面:

1) 信息表示:在防空 C³I 系统中,传输信息的种类多种多样。将信息有效的、合理的、高效的组织起来,是信息表示层所要完成的工作。为了实现 C³I 系统的互连、互通和互操作,防空 C³I 系统的信息表示应该采用统一标准。

2) 数据结构管理:在系统传输的各种信息当中,情报和命令是最常见的也是应用最多的两种。为了能够把这些可以格式化的信息及时、准确的传递给对方,可以预先将它们定制为特定的数据结构加以管理。合理的管理、使用这些定制的数据结构是信息表示层完成的又一项工作。

3) 数据加密:防空 C³I 系统的安全保密工作至关重要。为了防止信息传输中的泄露、窃取、篡改和冒充,数据加密工作必不可少。在信息表示层采用可靠的数据加密方法对信息进行加密,同时配以严格的密钥管理手段可以有效的防止信息传输中的泄密问题。

4) 数据压缩:在网络环境下使用数据压缩,可以节约通信带宽,减少传输费用,提高传输效率。数据压缩和数据表示紧密相关,它也是信息表示层的功能之一。

参考文献:

- [1] 陈西宏,周国安,贺正洪. 防空指挥自动化通信系统与设备原理[M]. 西安:空军工程大学导弹学院,1999.
- [2] DOUGLAS E,COMER. 用 TCP/IP 进行网际互连[M]. 北京:电子工业出版社,1998.
- [3] 段 毅,常国岑. 改进的战术无线通信网时隙资源分配方案[J]. 空军工程大学学报,2001,2(1):49-52.
- [4] 冯国柱,李 超,吴 翊. 链路状态路由选择的改进方案[J]. 通信技术,2001,(5):29-30.
- [5] CLIFFORD A,SHAFFER. 数据结构与算法分析[M]. 北京:电子工业出版社,1998.

(编辑:田新华)

The Study on the System Structure of Communication Network for Air - defence C³I System

CHEN Xi - hong, REN Quan, LI Ya - hui

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, China)

Abstract: According to the current situation of C³I system today, a three - layer modal of communication network including Link Maintenance Layer, Network Transmission Layer and Information Expression Layer is presented in this paper based on ISO/OSI reference modal. Then the Protocol in each layer has been analyzed and the design method has been put forward accordingly. Especially the function and realization method of Network Transmission Layer has been discussed and the route selection protocol applicable to C³I system communication network for air defense has been presented.

Key Words: air - defence C³I system; communication network; route selection