

# IP雷达情报传输网应用研究

西北工业大学航天学院 江友谊

空军工程大学电讯工程学院 陈 钢 夏靖波 贾云侠



江友谊

西北工业大学航天学院博士生,研究方向为导航、制导与控制。

在雷达情报组网的背景需求下,基于IP的传输连接技术在灵活性、可扩展性、时效性、抗毁性等方面的性能与传统的基于电路交换的传输技术相比具有明显的优势。但是要实现雷达情报的IP化传输连接,还必须选择合适的传输协议。

网络层协议,还需要选择合适的传输协议才能满足雷达情报组网对传输的可靠性需求。本文通过对几种通用传输协议的研究,发现流控制传输协议(Stream Control Transport Protocol,SCTP)的多穴、多流、消息边界守恒和支持SACK等特性使其更适合于雷达情报的传输。

## 雷达情报组网对传输技术的要求

雷达情报组网对传输技术的要求主要体现在以下几个方面:

- (1) 可靠性。
- (2) 建立传输连接的灵活性。
- (3) 传输连接可扩展性。

该特性主要是考虑解决两个问题:一是情报源结点同时和多个目的结点建立传输连接的问题;二是情报目的结点同时接收来自多个源结点雷达情报的问题。

- (4) 时效性。

所谓时效性,是指传输过程中应尽可能扁平化,避免因引入过多中间

的传输和处理环节而造成整个传输时延的大幅增加。

- (5) 抗毁性。

当网络中的单元(结点或者通信链路)因受到攻击而失效后,其他单元或者备份单元能重新组织起来继续工作,不致使情报网的效能大幅下降。

## 基于IP的雷达情报传输技术

### 1 传统传输方式的缺点

长期以来,传统的雷达情报传输主要采用“电路交换方式”。为了避免建立电路引入的较长时延,往往需要根据部队情况预先分配电路资源,将情报的传输关系甚至通信地点固定下来。以电路交换方式建立的传输连接要占用一条电路和一对端口,因此一个结点能够同时建立的连接数量受到很大限制。

目前,我军雷达部队一般都具备多种手段的通信能力,一种手段失效时,就切换启用另一种手段。但这实际上只能应对链路被中断一种情况。

雷达情报组网是提升雷达部队作战效能,实现情报灵活分发和高效共享,增加作战背景下生存能力的有效途径,代表着雷达部队建设的主要发展方向。雷达情报组网是对传统情报体制的重要变革,具有许多突出特点,同时也面临诸多必须解决的现实问题,其中一个非常重要的问题就是雷达情报的传输。

长期以来,雷达情报传输采用的是以电路交换方式为基础的传输技术,难以实现情报传输的网络化;而分组交换方式的IP技术为解决这一难题提供了有效途径。但IP是一种

由于不能实现平滑切换,加上接续时延较长,无法保证情报传输的连续性;并且电路资源的重新调度需跨部门协调,传输连接的重新建立会有很大延迟。当一个上级结点被摧毁后,其下属结点难以迅速与备份结点建立连接,这正是树型结构容易出现“攻击一点,瘫痪一片”的主要原因。

从以上分析来看,基于电路交换方式的情报传输技术是长期以来导致雷达情报网诸多问题的一个重要原因,难以满足雷达情报组网对通信的要求。

## 2 IP 技术传输雷达情报的优点

分组交换是与电路交换相对的一类通信技术。与电路交换方式不同,用户数据以 IP 分组为单位在网络中流动。采用 IP 技术,只要网络在物理上是连通的,具有足够的寻址与路由能力,网络中的两个结点之间就能建立传输连接,进行数据传输。其优点为:

- 有利于实现情报的栅格化传输,能够灵活地组织雷达情报保障关系,合理地配置网内的情报资源,提高情报的利用效率和共享能力;

- 能直接建立“End-to-End”的连接,将经过融合的情报直接传送

到上级结点甚至最终的情报用户,减少了中间处理环节,避免了由多级中继结点所引入的较大延迟和低时效性;

- 情报结点的部署位置将拥有更多的选择空间,甚至具备“随遇入网”能力,有利于提高雷达部队的机动能力和作战效能。

当某段链路因攻击而中断时,路由器可以通过更新路由表自动将 IP 分组切换到其他链路上传送,不会中断情报的传输,提高了对抗结点被摧毁的能力,如果一个上级指挥结点被摧毁后,其下属结点能快速与备份结点或指定的替换结点建立连接。IP 连接在应对结点被摧毁和链路被摧毁两个方面更具优势。

## 3 基于 IP 的情报传输和传输层协议的关系

虽然使用 IP 协议来传输雷达情报具有许多突出的优点,但也存在不适合的特性,主要是 IP 技术的无连接特性难以达到可靠性需求。

IP 分组传输的不可靠性源于 IP 分组可能在传输过程中被丢失。丢失的原因主要有两个:一是中间链路或者路由结点出现故障或被摧毁;二是网络拥塞。上述两个原因都可

能导致承载雷达情报的 IP 分组无法顺利到达目的结点,如果简单地增加网络资源甚至会使问题恶化。例如,增加路由器的缓存会增加路由器的延迟,如果延迟超过了重传门限,就会导致更多重传,反而会使线路变得更加拥塞,从而使雷达情报丢失的可能性更大。

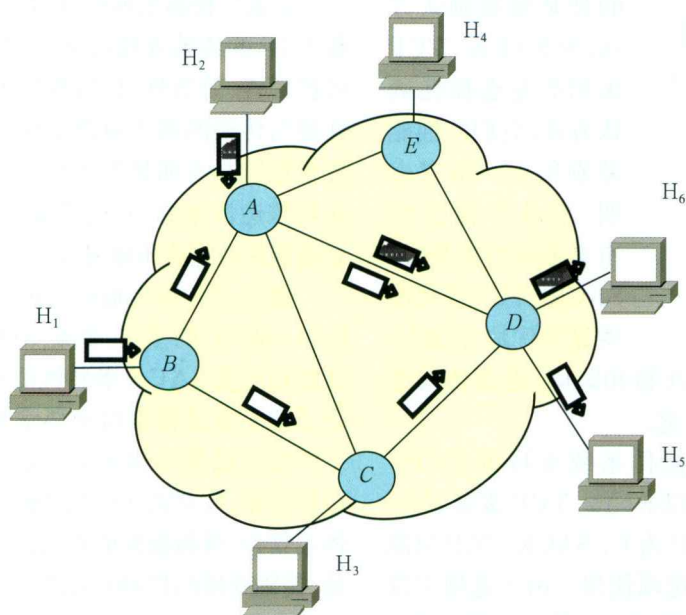
基于 IP 的传输协议有许多种,根据提供传输服务的可靠性程度,可分为可靠传输协议(如 TCP, RUDP, SCTP)、不可靠传输协议(如 UDP)和部分可靠传输协议(如 PECC, POCv2, MSP, SRP)。鉴于雷达情报的重要性,只考虑选择可靠传输协议。

## RUDP, TCP 和 SCTP 的比较

由于 RUDP 没有快速重传和拥塞控制机制,仅通过超时重传来实现数据的可靠到达,可靠传输效率和 TCP 友好性都不理想。因此,使用 RUDP 是无法满足我军对雷达情报传输要求的。TCP 具有全双工、面向连接、面向 Byte 流、保证数据可靠到达和按序提交的特点。但通过研究发现, SCTP 的一些特性使之比 TCP 更适合于雷达情报的传输。SCTP 是 IETF 于 2000 年提出的一种构架于 IP 层之上的可靠传输协议,最初被设计用于在 IP 网络上传送电话信令,后来逐渐发展成为一种通用的传输协议。与 TCP 相比, SCTP 具有许多新特性。以下对其与雷达情报密切相关的特性进行分析。

### (1) 多穴 (Multi-homing)。

在 SCTP 的术语中,参与通信的端实体被称为端点 (Endpoint),端点之间的连接被称为偶联 (Association)。端点可以是多穴的。如果一个端点是多穴的,那么对端端点 (Peer Endpoint) 就拥有一条以上的路径到达该端点。对端端点选择其中的一条路径作为主路径 (Primary Path),

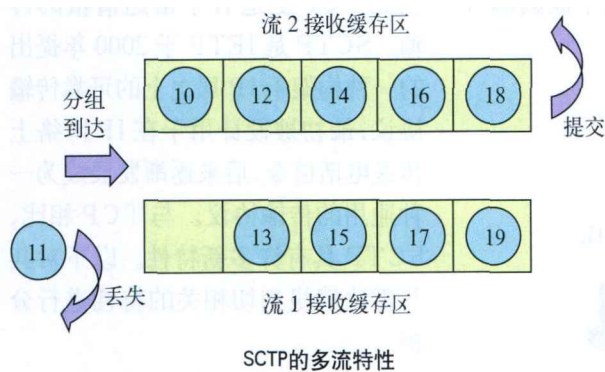


基于 IP 方式的数据传输

用于一般情况下的数据传输,其他路径用于备份或者数据重传。当端点发现主路径上有分组出现分组丢失甚至中断时,会自动选择备份路径继续数据的传输。在雷达情报传输的偶联中,源结点和目的结点之间如果存在多个物理网络,多穴会显著提高传输连接的抗毁能力,保证情报传输的连续性:当一条路径失效时,会自动切换到另外一条路径中继续情报的传输,而这种切换对上层应用是透明的。

(2) 多流 (Multi-stream)。

多流是 SCTP 的一个新特性。“流”(Stream)代表了偶联中的一个单向逻辑通道,通向对端端点的单向流使偶联具备了全双工的传输能力。在偶联中,每个方向上都允许存在多条流,且独立于另外一个方向对流进行编号。在偶联上被传输的任何用户消息都会被指定一个流号而隶属于某一个流。不同流中的数据是彼此独立的, SCTP 以流为单位来设定服务:可靠到达,按序提交;可靠到达,不按序提交;部分可靠到达。用户消息的提交顺序仅在流内有意义,与其他流中的用户无关。多流使



SCTP的多流特性

SCTP 缓解了 TCP 长期存在的“队头阻塞”问题。这一点对于雷达情报传输很有意义,人们一般更关心后面发送的分组,因为它可能包含更新的情报数据。

(3) 消息边界守恒。

TCP 是一种面向 Byte 流的协议,报文的序号是以字节数为基础编

码的,发送端一次写操作发送的数据在接收端可能会触发几次读操作,而发送端几次写操作写入的数据在接收端可能只触发一次读操作。每条雷达情报都是独立而完整的记录,使用 TCP 来传输雷达情报,需要增加特别的标记并需要上层应用的参与,才能从接收的分组中得到完整的雷达情报,以避免雷达情报碎片的出现。

SCTP 则具备了“消息分帧”功能,通过设置分组的选项字段,能够确保发送方的每一次写操作恰好触发一次读操作,既保证了情报的完整性和正确性,又简化了应用开发的复杂程度。

(4) 支持 SACK。

分组丢失是 IP 分组交换方式中不可避免的问题。链路故障、网络拥塞都可能导致分组丢失。可靠传输协议的主要特点是保证用户数据的可靠到达。

为了保证所有用户数据的可靠到达, TCP 经历了 4 个主要技术阶段: Tahoe TCP、Reno TCP、New Reno TCP 以及 SACK TCP。尽管这些技术采用的都是重传技术,但是前 3 种技术使用的都是聚集确认方式,而 SACK TCP 采用的是选择性确认方式,它们的性能差别很大。研究表明,当单个窗口中有多个分组丢失时, SACK TCP 表现出明显的优势,能减少

慢启动的次数和时间,提高传输速率,节约带宽。

现有操作系统支持的 TCP/IP 协议栈以 Reno TCP 或者 New Reno TCP 为主, SACK TCP 只能作为一个选项使用。由于选项字段大小的限制, TCP 最多只能支持 3 个 SACK 块,这制约了 SACK 优势

的发挥。

SCTP 是近年才提出的一种新型传输协议,它吸收了 TCP 的最新研究成果,在一开始就将 SACK 考虑进来,作为必须支持的功能。而且, SCTP 表示的 SACK 块最多可达 16380 个,能更好地发挥 SACK 的优势。对于雷达情报的传输来说,由于作战的严苛背景和敌方的蓄意攻击,更容易出现单个窗口中多个分组丢失的情况, SCTP 对 SACK 的支持使其在保证雷达情报传输可靠性的同时,传输效率更为优异。

SCTP 的缺点在于其协议开销较大, TCP 的协议开销为 40 个字节,而 SCTP 的协议开销为 44 个字节。由于雷达情报往往比较短小,一般在 10 ~ 100 字节之间,这使得协议开销在网络的吞吐量中占有很大的比例。不过,由于雷达情报的传输总量并不大,军用宽带网络上的带宽资源又相对宽裕,协议开销较大的问题在雷达情报中就显得不那么重要,而可靠性、时效性、传输速率、抗毁性和开发的简单性就成为决定协议选择的主要因素。

结束语

在雷达情报组网的背景需求下,基于 IP 的传输连接技术在灵活性、可扩展性、时效性、抗毁性等方面的性能与传统的基于电路交换的传输技术相比具有明显的优势。但是要实现雷达情报的 IP 化传输连接,还必须选择合适的传输协议。

通过对各类传输协议的研究与比较, SCTP 的多穴、多流、消息边界守恒和支持 SACK 等特性使其更适用于我军雷达情报组网要求和规定下的雷达情报传输体系。基于实际应用需要,应对雷达情报传输体系的体系结构、情报数据的格式转换与封装、传输连接的控制和管理等问题进行深入研究。

(责编 晓霖)