



利用 IP 组播技术传输变电所视频监控信息

刘利成 巢湖供电公司

【摘要】本文论述了 IP 组播技术的基础知识, IP 组播路由及其协议, IP 组播路由中的隧道传输机制, 网络多媒体的应用要求, IP 视频应用要求, 利用 IP 组播实现视频传输的方法, IP 组播技术在多点视频数据传输方面的优势, 并且详细介绍了如何利用 IP 组播技术传输变电所视频监控信息。

【关键词】IP 组播技术, IP 视频应用, 网络视频传输。

近年来, 随着电网规模的迅速扩大和电力系统科技水平不断提高, 无人值守变电所的数量日益增加。但变电所实现无人值班或无人值守后, 却出现非电气因素造成的障碍以及事故比例有所升高, 而如何降低或避免这类事故的发生, 已是实现无人值班变电所要解决的首要问题。图像监控系统能够实现变电所内设备运行情况及周边环境的监视, 监测电力设备发热程度、实现防火、防盗报警, 解决无人值班情况下的安全保卫问题。图像监控系统 - 遥视是对“四遥”的进一步补充和完善, 弥补了 SCADA 系统在监控方面的一些盲点, 进一步提高变电所的安全运行水平。随着网络传输和处理能力的大幅提高, 特别是视音频压缩技术的发展和成熟, 企业的高速以太网络的建成 (100 - 1000 M), 使得变电所视频监控信息在企业内部网上使用 IP 协议传输成为可能。而利用 IP 组播技术不需要重新建设一套传输网络, 可利用现有网络资源, 监控终端也可以利用现有计算机, 比传统的点对点或点对多点传输大大降低了系统造价。下面详细地介绍了如何利用 IP 组播技术传输变电所视频监控信息。

在以太网络上实现的视频传输等视音频业务和一般业务相比, 有着数据量大、时延敏感性强、持续时间长等特点。因此采用最少时间、最小空间来传输和解决视音频业务所要求的网络利用率高、传输速度快、实时性强的问题, 就要采用不同于传统单播、广播机制的转发技术及 QoS 服务保障机制来实现, 而 IP 组播技术是解决这些问题的关键技术。

一、IP 组播技术的基础知识概述

1. IP 组播技术的概念

IP 组播 (也称多址广播或多播) 技术, 是一种允许一台或多台主机 (组播源) 发送单一数据包到多台主机 (一次的, 同时的) 的 TCP/IP 网络技术。组播作为一点对多点的通信, 是节省网络带宽的有效方法之一。在网络音频/视频广播的应用中, 当需要将一个节点的信号传送到多个节点时, 无论是采用重复点对点通信方式, 还是采用广播方式, 都会严重浪费网络带宽, 只有组播才是最好的选择。组播能使一个或多个组播源只把数据包发送给特定的组播组, 而只有加入该组播组的主机才能接收到数据包。目前, IP 组播技术被广泛应用在网络音频/视频广播、AOD/VOD、网络视频会议、多媒体远程教育、“push”技术 (如股票行情等) 和虚拟现实游戏等方面。

2. IP 组播地址和组播组

IP 组播通信必须依赖于 IP 组播地址, 在 IPv4 中它是一个 D 类 IP 地址, 范围从 224.0.0.0 到 239.255.



255.255, 并被划分为局部链接组播地址、预留组播地址和管理权限组播地址三类。其中, 局部链接组播地址范围在 224.0.0.0 ~ 224.0.0.255, 这是为路由协议和其它用途保留的地址, 路由器并不转发属于此范围的 IP 包; 预留组播地址为 224.0.1.0 ~ 238.255.255.255, 可用于全球范围 (如 Internet) 或网络协议; 管理权限组播地址为 239.0.0.0 ~ 239.255.255.255, 可供组织内部使用, 类似于私有 IP 地址, 不能用于 Internet, 可限制组播范围, 巢湖供电公司内部传输变电所视频监控信息就是采用的管理权限组播地址。

使用同一个 IP 组播地址接收组播数据包的所有主机构成了一个主机组, 也称为组播组。一个组播组的成员是随时变动的, 一台主机可以随时加入或离开组播组, 组播组成员的数目和所在的地理位置也不受限制, 一台主机也可以属于几个组播组。此外, 不属于某一个组播组的主机也可以向该组播组发送数据包。采用 IP 组播技术进行多点视频数据传输, 可以使变电所图像监控系统与公司的 MIS 系统互联, 而不会干扰 MIS 网络的正常运行。

3. 组播分布树

为了向所有接收主机传送组播数据, 用组播分布树来描述 IP 组播在网络中传输的路径。组播分布树有两个基本类型: 有源树和共享树。

有源树是以组播源作为有源树的根, 有源树的分支形成通过网络到达接收主机的分布树, 因为有源树以最短的路径贯穿网络, 所以也常称为最短路径树 (SPT)。

共享树以组播网中某些可选择的组播路由中的一个作为共享树的公共根, 这个根被称为汇合点 (RP)。共享树又可分为单向共享树和双向共享树。单向共享树指组播数据流必须经过共享树从根发送到组播接收机。双向共享树指组播数据流可以不经过共享树。

巢湖供电公司采用的就是有源树, 以自动化机房的视频服务器作为有源树的根, 到各个接收终端形成最短路径树 (SPT)。

4. 逆向路径转发

逆向路径转发 (RPF) 是组播路由协议中组播数据转发过程的基础, 其工作机制是当组播信息通过有源树时, 组播路由器检查到达的组播数据包的组播源地址, 以确定该组播数据包所经过的接口是否有源的分支上, 如果在, 则 RPF 检查成功, 组播数据包被转发; 如果 RPF 检查失败, 则丢弃该组播数据包。

5. Internet 组播主干 (MBONE) 网络

Internet 组播主干 (MBONE) 网络是由一系列相互连接的子网主机和相互连接支持 IP 组播的路由器组成。它可以看成是一个架构在 Internet 物理网络上层的虚拟网, 在该虚拟网中, 组播源发出的组播信息流可直接在支持 IP 组播的路由器组之间传输, 而在组播路由器组和非组播路由器组之间要通过点对点隧道技术进行传输。

二、IP 组播路由及其协议

1. IP 组播路由的基本类型

组播路由的一种常见的思路就是在组播组成员之间构造一棵扩展分布树。在一个特定的“发送源,



目的组”对上的IP组播流量都是通过这个扩展树从发送源传输到接受者的，这个扩展树连接了该组播组中所有主机。不同的IP组播路由协议使用不同的技术来构造这些组播扩展树，一旦这个树构造完成，所有的组播流量都将通过它来传播。

根据网络中组播组成员的分布，总的说来IP组播路由协议可以分为以下两种基本类型。第一种假设组播组成员密集地分布在网络中，也就是说，网络大多数的子网都至少包含一个组播组成员，而且网络带宽足够大，这种被称作“密集模式”(Dense-Mode)的组播路由协议依赖于广播技术来将数据“推”向网络中所有的路由器。密集模式路由协议包括距离向量组播路由协议(DVMRP: Distance Vector Multicast Routing Protocol)、组播开放最短路径优先协议(MOSPF: Multicast Open Shortest Path First)和密集模式独立组播协议(PIM-DM: Protocol-Independent Multicast-Dense Mode)等。

组播路由的第二种类型则假设组播组成员在网络中是稀疏分散的，并且网络不能提供足够的传输带宽，比如Internet上通过ISDN线路连接分散在许多不同地区的大量用户。在这种情况下，广播就会浪费许多不必要的网络带宽从而可能导致严重的网络性能问题。于是稀疏模式组播路由协议必须依赖于具有路由选择能力的技术来建立和维持组播树。稀疏模式主要有基于核心树的组播协议(CBT: Core Based Tree)和稀疏模式独立协议组播(PIM-SM: Protocol-Independent Multicast-Sparse Mode)。

2. 密集模式协议

(1) 距离向量组播路由协议(DVMRP)

第一个支持组播功能的路由协议就是距离向量组播路由协议。它已经被广泛地应用在组播骨干网MBONE上。

DVMRP为每个发送源和目的主机组构建不同的分布树。每个分布树都是一个以组播发送源作为根，以组播接受目的主机作为叶的最小扩展分布树。这个分布树为发送源和组中每个组播接受者之间提供了一个最短路径，这个以“跳数”为单位的最短路径就是DVMRP的量度。当一个发送源要向组播组中发送消息时，一个扩展分布树就根据这个请求而建立，并且使用“广播和修剪”的技术来维持这个扩展分布树。

扩展分布树构建过程中的选择性发送组播包的具体运作是：当一个路由器接收到一个组播包，它先检查它的单播路由表来查找到组播组发送源的最短路径的接口，如果这个接口就是这个组播包到达的接口，那么路由器就将这个组播组信息记录到它的内部路由表(指明该组数据包应该发送的接口)，并且将这个组播包向除了接受到该数据包的路由器以外的其他临近路由器继续发送。如果这个组播包的到达接口不是该路由器到发送源的最短路径的接口，那么这个包就被丢弃。这种机制被称为“反向路径广播”(Reverse-Path Broadcasting)机制，保证了构建的树中不会出现环，而且从发送源到所有接受者都是最短路径。

对于网中密集分布的组播组来说DVMRP能够很好的运作，但是对于在范围比较大的区域上分散分布的组播组来说，周期性的广播行为会导致严重的性能问题。DVMRP不能支持大型网络中稀疏分散的组播组。

(2) 组播开放最短路径优先(MOSPF)

开放最短路径优先(OSPF)是一个单播路由协议，它将数据包在最小开销路径上进行路由传送，这里的开销是表示链路状态的一种量度。除了路径中的跳数以外，其他能够影响路径开销的网络性能参数还有负载平衡信息、应用程序需要的QoS等。



MOSPF 是为单播路由组播使用设计的。MOSPF 依赖于 OSPF 作为单播路由协议,就象 DVMRP 也包含它自己的单播协议一样。在一个 OSPF/MOSPF 网络中每个路由器都维持一个最新的全网络拓扑结构图。这个“链路状态”信息被用来构建组播分布树。

每个 MOSPF 路由器都通过 IGMP 协议周期性的收集组播组成员关系信息。这些信息和这些链路状态信息被发送到其路由域中的所有其他路由器。路由器将根据它们从临近路由器接收到的这些信息更新他们的内部连接状态信息。由于每个路由器都清楚整个网络的拓扑结构,就能够独立的计算出一个最小开销扩展树,将组播发送源和组播组成员分别作为树的根和叶。这个树就是用来将组播流从发送源发送到组播组成员的路径。

(3) 独立组播密集模式协议 (PIM - DM)

独立组播协议 (PIM) 是一种标准的组播路由协议,并能够在 Internet 上提供可扩展的域间组播路由而不依赖于任何单播协议。PIM 有两种运行模式,一种是密集分布组播组模式,另一个是稀疏分布组播组模式,前者被称为独立组播密集模式协议 (PIM - DM),后者被称为独立组播稀疏模式协议 (PIM - SM)。

PIM - DM 有点类似于 DVMRP,这两个协议都使用了反向路径组播机制来构建分布树。它们之间的主要不同在于 PIM 完全不依赖于网络中的单播路由协议而 DVMRP 依赖于某个相关的单播路由协议机制,并且 PIM - DM 比 DVMRP 简单。

PIM - DM 协议和所有的密集模式路由协议一样也是数据驱动的。但是既然 PIM - DM 不依赖于任何单播路由协议,路由器某个接收端口(就是返回到源的最短路径的端口)接收到的组播数据包被发送到所有下行接口直到不需要的分枝从树中被修剪掉。DVMRP 在树构建阶段能够使用单播协议提供的拓扑数据有选择性的向下行发送数据包,PIM - DM 则更加倾向于简单性和独立性,甚至不惜增加数据包复制引起的额外开销。

2. 稀疏模式组播路由协议

当组播组在网络中集中分布或者网络提供足够大带宽的情况下,密集模式组播路由协议是一个有效的方法,当组播组成员在广泛区域内稀疏分布时,就需要另一种方法即稀疏模式组播路由协议将组播流量控制在连接到组播组成员的链路路径上,而不会“泄漏”到不相关的链路路径上,这样既保证了数据传输的安全,又能够有效的控制网络中的总流量和路由器的负载。

(1) 基于核心树的组播协议 (CBT)

和 DVMRP 和 MOSPF 为每个“发送源、目的组”对构建最短路径树不同的是, CBT 协议只构建一个树给组中所有成员共享,这个树也就被称为共享树。整个组播组的组播通信量都在这个共享树上进行收发而不论发送源有多少或者在什么位置。这种共享树的使用能够极大的减少路由器中的组播状态信息。

CBT 共享树有一个核心路由器用来构建这个树。要加入的路由器发送加入请求给这个核心路由器。核心路由器接收到加入请求后,沿反路径返回一个确认,这样就构成了树的一个分枝。加入请求数据包在被确认之前不需要一直被传送到核心路由器。如果加入请求包在到达核心路由器之前先到达树上的某个路由器,该路由器就接收下这个请求包而不继续向前发送并确认这个请求包。发送请求的路由器就连接到共享树上了。CBT 将组播流量集中在最少数量的链路而不是在一个基于发送源的共享树上。集中在核心路由器上的流量可能会引起组播路由的某些问题。某些版本的 CBT 支持多个组播核心的使



明显滞后、不连续；当有 5 个以上的客户机提出视频服务请求时，就造成了广播风暴，系统处于崩溃的边缘。

由此可见，IP 组播技术在多点视频数据传输方面具有很大的优势，当某个 IP 站点向网络中的多个 IP 站点发送同一视频数据时，IP 组播技术可以减少不必要的重叠发送，与多次点对点的单播（Unicast）相比，减轻了系统和网络的负担，提高了 CPU 资源和网络带宽的利用率，极大地改善了视频数据传输的实时性。参与通信的各主机不论是源站点还是目的站点均使用同一程序，无客户机和服务器之分，从而具有对等性。

IP 组播带入了许多新的应用并减少了网络的拥塞和服务器的负担。目前 IP 组播的应用范围还不够大，但它能够降低占用带宽，减轻服务器负荷，并能改善传送数据的质量，尤其适用于需要大量带宽的多媒体应用，如音频、视频等。这项新技术已成为当前网络界的热门话题，并将从根本上改变网络的体系结构。

六、应用效果

巢湖供电公司采用 IP 组播技术进行多点视频数据传输，使变电所图像监控系统与管理信息系统（MIS）互联，每个变电所可同时传输 4 - 16 路高清晰度实时活动图像到调度中心或监控中心，便于操作层根据电网的运行状态，适时进行操作。同时总经理、总工程师、生产技术部、安全部等都能及时掌握站、所及电网的运行情况，便于管理层根据各种实时信息，对电网运行进行分析和决策，进一步提高了无人值班变电所的安全运行水平。

[作者简介]

刘利成，1959 年 11 月 26 日出生，男，安徽宿州人，学士

工作单位：安徽省电力公司巢湖供电公司

职 务：信息中心主任

职 称：高级工程师

专业领域：电力企业信息化

通信地址：安徽省巢湖市长江西路 288 号巢湖供电公司信息中心

邮 编：238005

电 话：0565 - 2302162, 13705659998

传 真：05652302611

电子邮箱：chllc@21cn.com