

军事指挥系统中的组播管理

Multicast Management in Military Command System



常志勇 (合肥中国科学技术大学 230026)

范植华 (中国科学院软件所 GSL 实验室 100080)

摘要: 本文根据军事指挥的特点, 建立了一个专门进行网络管理的分层结构的组播树, 完成了对整个军事指挥系统的管理任务。此系统通过组播的方式, 实现对各结点的动态管理, 以适应瞬息万变的战时需要。

关键词: 军事指挥 组播管理 组播树

在现代战争中, 网络通信已成为必不可少的联络手段, 它将在未来战争中扮演重要的角色。由于组播技术的日臻成熟, 在军事上也将得到广泛的应用。

1 组播管理的重要性

在开发代码指挥系统时, 我们广泛应用了组播技术。但组播的大量应用也带来了许多管理问题。

(1) 为了顺应战斗的需要, 每个结点机将加入许多不同的组播组。那么它们通过什么方式得到上级的命令并以何种方式加入这些组中呢?

(2) 网络中, 大量的组播组共存, 不但网络在无形中增加了许多负担, 而且使网络的管理处于一个无序的状态。这样我们就需要寻求一种解决方案, 将这些组进行统一的管理, 从而能够提高系统的效率。

(3) 由于战场上情况瞬息万变, 组播组的划分也将随之改变。另外, 战斗中系统被击溃也是不可避免的。能够使指挥员随时掌握所管辖部队的情况是至关重要的。

为了有效地利用网络资源, 充分发展组播的效率, 建立一套有效的组播管理方案是必不可少的。

2 组播管理的整体构思

为了能够解决以上问题, 我们需要建立专门的组播组用于对指挥系统中的每台计算机进行管理。通过结点间随时传递状态信息, 使指挥员可以随时掌握各作战单元的状态, 以便更好的根据作战形势及时调整布署。

但单纯用一个组播组实现对整个结点的管理又很难对众多的结点进行有效的管理。从现代网络的发展趋势来看, 对网络的分层管理思想已得到广泛的认可, 并在很多系统中得到应用。分层管理就是将一个网络分割成一个个小网, 每个小网由一台路由器或主机进行管理(controller), 这些控制器又按不同级别由上级控制器进行管理, 最后, 由一个总控制器(General Controller)管理着整个网络, 从而形成一棵生成树。这种管理方式的好处就是将网络的管理逐级分散到各个子网

中, 从而避免了由单一控制器管理造成的瓶颈问题, 也使网络得到了优化。由于军队管理都实行的是统一指挥、分级管理的模式, 所以在军事指挥系统的设计中使用分层管理是切实可行的。为此我们特意建立了一个专门进行网络管理的分层的组播组(组播树), 对各作战单元进行通信管理, 我们称之为组播管理树(组)。

为了更好地实现组播管理功能, 我们应用了winsock1做为程序设计的链接库, 因为它的设计使得所有结点都是平等的, 可以自主地加入及离开一个组播组。我们通过程序设计, 在应用层实现由父结点对子节点的管理功能。各结点在加入及离开组播管理组时, 都要接受父结点的指令(初始化阶段例外)。在组播树中, 高一级的结点具有更高的权限, 根结点则做为整个组播树的控制器, 它负责维护及协调整个组播树的工作, 从而使得网络管理的线条更加清晰, 简化了系统的维护工作。

3 组播管理体系结构

用于数据通信的组播组在战前及战时可以随时生成,各作战单元可以同时加入多个组,为便于管理,各作战单元将以军队编制序列构成组播管理组,这些组播组按层次组成一棵组播树,如图1。

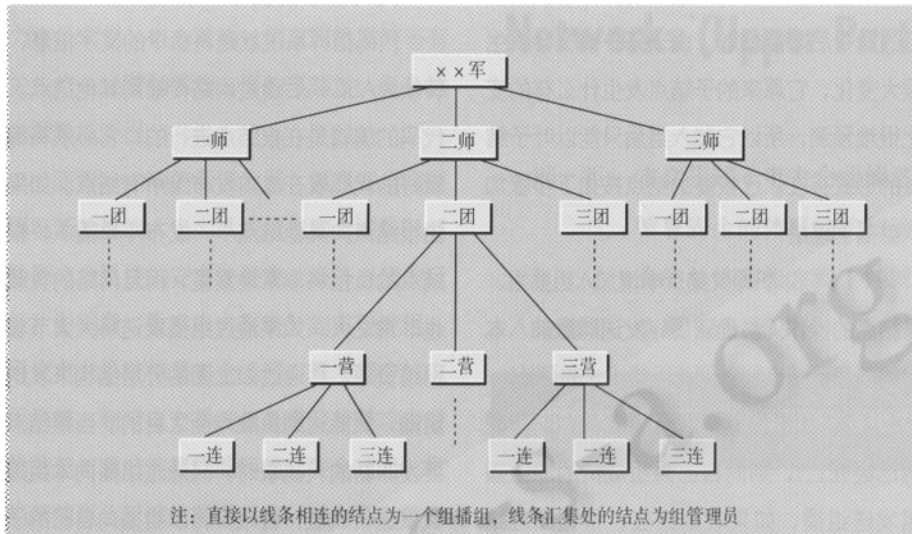


图 1

每一个组播组的根结点为本组播组的管理员,它向其他组员发送组播, 探询其是否存在。

整个组播树的根结点(如上图的 $\times \times$ 军)掌握着整个组播树的拓扑情况, 二级结点则掌握着自本结点以下组播树的拓扑情况, 以下各结点以此类推, 形成了一个分层管理结构。这些组播组的拓扑结构在各结点机上用邻接表的方式进行存储, 这样可以便于管理(如结点的加入、删除, 拓扑结构的变化等)。

各结点存储着相关信息, 如反映是否为本组管理员的标志位、本机IP、组播管理组地址、本结点所加入的所有组的组播地址(用链表保存)、本机实名等信息。

4 组播管理的模式

4.1 组播管理树的自动生成

组播管理树中各组组长地址是预先分配好的, 各结点机按规定设置好自己应加入的组播组。当军事指挥系统启动后, 各结点自动加入到分配好的组内, 然后根据标志位的情况, 若标志位为0则说明自己只是本组的组员, 则向组管理员以单播的形成发送本组信息。如果管理员作出应答, 则说明本结点注册完成; 若标志位为1则说明自己是本组的管理员, 则以组播的形成通知本组成员进行注册。本组成员收到信息后以单播的形成向管理员进行信息注册。

为达到整个系统信息的一致性, 各组管理员当收到新的注册信息后, 都将向自己的父结点发送自己掌握的新的信息。由于整个组播管理组中的信息是动态生成的, 尤其是系统刚启动时, 大量的注册信息将要在网络中传播。为了减少通信量, 每个结点机在收到新注册信息时不立即上传, 而是有一段延迟(根据实际需要设定, 比如1秒钟), 在这一段时间内可能会又有新的注册信息到达本结点。然后继续进行延迟, 直到在设定的延迟时间内没有信息到达, 则将本组掌握的信息以单播的形成上传到父结点。

经过一段时间后, 整个系统将达到稳定状态, 组播管理树也随之形成, 各级作战单元就可以掌握本分支上各结点的拓扑状况及其信息。

4.2 组播管理组的自动维护

由于军队的作战, 某一结点机由于本机故障或被敌方摧毁, 都有可能造成整个军事指挥系统信息链的断裂, 致使部分或全部作战单位失去联络。保障整个作战系统联络的完整性, 是至关重要的。

各组管理员每隔一段时间便向其子结点(即组成员)发送组播信息, 探询其是否存在。组成员收到探询信息后, 以单播向组管理员发送确认信息。管理员检查是否所有组成员都返回了确认信息, 如果某一个或多个组成员未返回确认信息, 则以单播再次询问对方。为保证各组成员并非由于线路拥塞造成的帧丢失而未接收到信息, 组管理员应向对方发送多次(根据网络情况设定)单播探询。如果经过探询仍无确认信息的返回, 则认为此组成员已经死亡。如果已死亡的组成员为最底层的叶子结点, 则直接在本组管理员邻接表中删除此结点; 若死亡的组成员为另一组的管理员, 则其父结点以单播通知本组的另一个组成员接管已死亡的组成员所管理的各结点, 接管死亡结点以下分支的拓扑信息。

各中间结点的处理流程如下:

(1) 当接收到父结点要求本结点接管其他组的成员的命令后, 向其父结点发送确认帧, 父结点将需代管的结点拓扑信息传送给本结点。收到信息后, 加入到自己管理的邻接表内;

(2) 本结点以被接收组的组地址发送组播, 通知它们加入本组;

(3) 若收到所有加入到本组后的结点通知信息后, 则转到(6);

(4) 若未收到某个(或几个)结点加入本组的信息, 则通知本组的一个子结点准备接收未反馈信息结点的子结点, 得到确认后, 将这些结点的信息传送给过去, 并从

自己的邻接表内删除未反馈信息结点及以下结点分支：

(5) 当收到本结点管理的组成员(子结点)发送的新的拓扑信息通知后,修改本结点的邻接表;

(6) 将本结点的邻接表上传父结点。

为更好地说明这种管理方式,我们以上图为例,假设二师及其下属二团的系统崩溃,××军发现此情况则以单播通知一师接管二师以下各结点,将二师以下各结点的拓扑信息传递给一师,并在本结点的邻接表中删除二师及以下分支的信息。一师接收到命令后,将××军传递来的一师下属结点信息加入到本结点的邻接表上,并以原二师管理的组地址发送组播,要求原二师的组成员(一团、二团、三团)加入到本组。原二师的组成员加入到一师为管理员的组中后,通过单播向一师发送确认帧。由于未收到二团的任何信息,则向原二师的一团(已加入本组)发送信息,要求其接管二团。一团返回同意接收信息后,一师将二团以下各结点的拓扑信息发送给一团,并从本结点的邻接表内删除自二团以下各结点信息。一团将一师传来的结点信息加入到自己的邻接表内,并按上面所述方式接收二团的子结点。当收到所有新加入本组结点的反馈信息后,将本结点的邻接表上传给一师,一师收到信息后,修改自己邻接表内二团的拓扑信息,并将邻接表上传给自己的父结点。

当结点加入到新的组播组后,并不退出原组播组,仍能接收原组播信息(为系统崩溃结点的重新加入之用),只是原组播组不再以组播管理组的身份存在。

通过上述方式,整个的组播管理组又形成了一棵完整的组播树,军队的指挥者就可以通过这个组播树掌握整个军队的情况,为作战布署及命令的传达提供了有效的通信保障。

4.3 结点机系统恢复后的重新加入

当崩溃的结点机系统恢复后,它要重新申请加入到组播管理组内。由于结点保存着死亡前自己掌握的拓扑信息,它可以以此信息重新加入到组播管理组内。为保证安全,结点的重新加入需要父结点的操作者发出认可的命令后才能加入。由于拓扑情况会发生很大变化,它原来的子结点发生什么样的变化很难预测,所以它加入组后只能以叶子结点的形式存在。已恢复的结点按如下步骤加入组播管理组:

(1) 向本机原父结点申请加入组播组,父结点的操作人员确认后,发送同意加入本组的消息,结点加入到此组播组,转到(6);

(2) 如果没有得到原父结点的回应(说明已经死亡),则向自己为组成员的原组播组发送组播,如果收到回应,根据回应结点返回的父结点信息,加入到此组播组,转到(6);

(3) 若未收到任何回应,则根据自己保存的邻接表中子结点的信息,向原组成员发送组播,如果得到回应,则根据回应结点返回的父结点信息,以单播申请加入此组播组,得到同意后,加入此组,转到(6);

(4) 若仍无反馈,则以宽度优先的算法,向下一层的结点逐一发出组播探询,直至叶子结点。当某一结点做出回应后,则根据回应结点返回的父结点信息,申请加入此组,得到同意后,加入此组,转到(6);

(5) 若仍无反馈,则通过其他途径进行联络,争取获得加入组播管理组的机会;

(6) 将保存的原邻接表信息的内容删除,填写新的本结点信息,并将此信息上传给父结点。

通过上述步骤,死亡的结点又可以加入到作战序列,其父结点及以上各级结点,根据需要将其重新分配到某些作战组中。

5 组播管理树的其他应用

组播管理树除了能够为军队提供作战体

系的完整性,还能提供许多其他应用,在本系统的开发中,许多应用就是通过它的作用完成了各种各样的功能。下面简单叙述一下这棵组播树的其他应用。

5.1 代码信息的发布

代码指挥系统就是将命令的文字信息,转换为ASC码后通过网络传输到其他结点。代码的编辑是在根结点进行的,它必须将编辑好的代码表在战前发布给所有结点。如果由根结点向其他结点一一发布(单播),根结点的负担将非常地繁重,而且网络的负载也非常之大。如果通过组播发送将大大节省网络资源。再通过如上图的分层结构来发送组播,更能达到负载均衡之目的。当根结点要发布新的代码表时,只通过组播向本组成员发送代码表,各成员再以组播向自己的子结点以组播发送代码信息,这样逐层将信息发送到叶子结点。

5.2 网络的实名管理

为了系统的友好性,系统的操作人员只须输入军队的番号,由系统再将番号转换成IP地址将信息发送出去。因为在战斗中,结点机的崩溃是不可避免的,为保证这个地址映射表反映战时的情况,我们将地址映射表设计成动态生成的,并借助于组播管理组的特点,将其设计成分布式的。在组播管理组自动生成阶段,各结点加入到组播组并向其父结点注册的同时,将本结点的地址转换表发送给父结点。这样,根结点将记录着所有结点的地址映射信息,而中间结点则记录着本结点以下各分支的地址映射情况。我们借鉴DNS(域名系统)的处理办法,将每个实名分成域,各域用分隔符分开,如:一军、二师、三团、二营、一连,一军、一师、二团等。在进行点对点的通信时,结点机先在本机的地址映射表中寻找将与之通信的结点地址信息,如果没有,则向父结点查询,这样逐级向上直至根结点,总可以在某一结点处

找到所需结点的地址。如果某一结点崩溃，它的子结点将由其他结点接管，一样能保障地址映射表的完整性及查询线路的畅通。

5.3 对数据层面上的组播组的管理

组播管理组是做为控制层面的组播组，实现了对整个网络的管理功能。它真正的意义就在于对用于指挥命令及信息传递的数据层面上的组播组的管理。为了便于管理及网络安全，一般结点不能随意创建及加入组播组。在组播管理树中的各级管理员可以根据

情况创建组播组，并命令本结点以下分支结点加入到本结点建立的组。这种分层次进行组播组的创建和管理使得整个系统更加条理化。为配合作战而由结点分配的组的地址信息也保存在描述组播管理组情况的邻接表内（邻接表上的各结点用结构表示各种所需信息），这样军队的总指挥就可以通过此组播树掌握整个部队的各种变化情况，在作战时，根据损失情况及时作出新的布署，迅速应对各种突发事件，掌握作战的主动权。

参考文献

- 1 (美)Anthony Jones / Jim Ohlund. Windows 网络编程技术. 机械工业出版社, 2000年3月。
- 2 赵键、吴介一等, 一类基于源路由的多约束实时组播路由优化控制算法[J], 电子学报, 2001, 29(4): 64-79。