

适合异构通信网络的信息传输服务

凌云¹, 崔灿^{1,2}, 杨俊峰¹

(1. 中国电子科技集团第二十八研究所 C4ISR 国防重点实验室, 南京 210007;

2. 西安电子科技大学综合业务网国家重点实验室, 西安 710071)

摘要: 提出一个在应用层解决应急指挥系统中异构通信网络互联问题的传输服务模型, 给出模型的主要传输服务功能, 对通信节点标识、转发表生成与维护以及扩充性等关键技术进行探讨。该模型结合异构通信网络的特点及发展趋势, 将 IP 网络作为系统通信的主要方式, 将其他通信方式作为实现特定通信能力的辅助手段。应用结果证明, 该模型可以提升应急指挥能力, 减小异构网络互通的复杂性。

关键词: 传输服务; 异构通信网络; 路径选择; 用户数据报协议

Information Transmission Service Adapted to Heterogeneous Communication Network

LING Yun¹, CUI Can^{1,2}, YANG Jun-feng¹

(1. National Defence Key Lab of C4ISR, No.28 Institute of China Electronic Technology Corporation, Nanjing 210007;

2. State Key Lab of Integrated Service Networks, Xidian University, Xi'an 710071)

【Abstract】 This paper proposes a new model of information transmission service adapted to heterogeneous communication network of emergency command system. The main functions of the model and some key technologies such as node labeling, routing table generating & maintaining and so on. This model takes into account the characteristics of heterogeneous communication networks and the development trend, uses IP network as the system's main communication means, and uses other communication means to meet the special communication needs. Application proves that the model improve the capacity of emergency command system, and reduces the complexity of heterogeneous communication.

【Key words】 transmission service; heterogeneous communication network; path choosing; User Datagram Protocol(UDP)

1 概述

应急指挥系统的通信网络往往由多个相互独立又互为补充的通信系统构成, 这些体制各异的通信系统共同组成了应急指挥系统的信息传输平台。该平台包括 IP 互连网络、GSM/CDMA 通信网、卫星通信系统等。现役的通信设备品种繁多, 没有统一的操作接口, 传输的数据格式、设备控制方法各异。为了增强通信网络对指控系统的支撑能力, 增强指控系统的适应性和可用性, 保证应急指挥系统的功能充分发挥, 解决异构通信网络信息的互联问题越来越重要。

实现异构通信网络系统的互联通常在网络层进行, 如通过互连网络控制器实现信道的接入, 在接入信道上实现 IP 的封装, 对应用开放统一 IP 接口。该方法使得通信设备对指控系统的透明性好、简化了网络配置、方便实现多种网络的互联。但这种方式成本高、传输数据量大、接入的设备种类有限, 且对通信体制差别大的设备不适用。另一种方式是在应用层采用软件方式通过数据传输服务实现系统互联^[1]。其好处是互联成本低、应急指挥系统对通信设备的适应性好、对原有信息系统的改造简单。但是数据处理效率相对于硬件方案低, 且运行过程中路径选择和路径维护的过程较复杂。本文给出一个实现异构通信网络互联的传输服务模型。

2 应急指挥系统通信网络的组成特征

为了提升应急指挥能力、减小互通的复杂性、增强网络的可扩展能力, 应急通信网络逐步向 TCP/IP 的体制发展, 支持 TCP/IP 协议栈的通信设备将在应急通信网络中占主导地位。

在解决异构通信网络互联问题时, 常把网络类型分为 IP 网络和非 IP 网络 2 大类。非 IP 网络作为 IP 网络的补充, 只在部分区域或者特定时机承担特定的通信任务。

应急指挥系统通信网络的典型组成如图 1 所示。

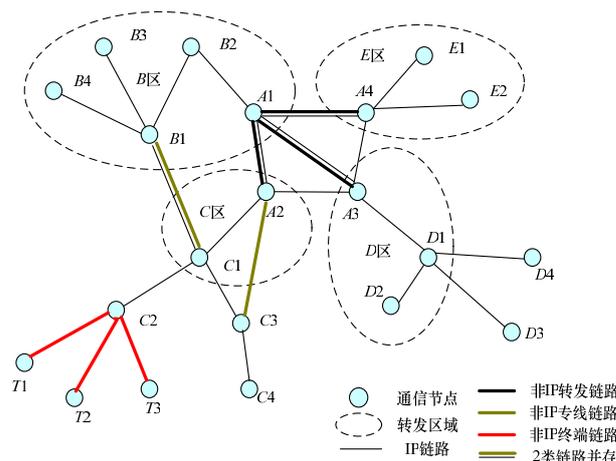


图 1 应急指挥系统通信网络的典型组成

基金项目: 中国电子科技集团第二十八研究所 C4ISR 国防重点实验室基金资助项目

作者简介: 凌云(1976-), 女, 工程师, 主研方向: 信息服务, 网络规划; 崔灿, 研究员; 杨俊峰, 工程师

收稿日期: 2008-07-30 E-mail: jncmp3@sina.com

应急指挥系统的网络以 IP 链路为基础,非 IP 链路作为辅助手段。非 IP 链路包括 3 种类型,即转发链路、专线链路和终端链路,分别对应了非 IP 网络的 3 种主要用途:作为 IP 网络的备份链路,作为节点间的专用通信链路和作为终端节点的接入链路。

3 信息传输服务模型

根据上述通信网络的组成特点,本文提出一个信息传输服务模型,以解决异构通信网络上信息的传输与互联问题:

(1)通信节点的标识方法。传输服务通过“标识”唯一确定传输的源和目的节点。(2)传输路径的选择和维护问题。IP 网络的传输路径由 IP 路由协议维护,非 IP 链路的传输路径由系统进行初始设置,在系统运行过程中根据链路的实际可用状态进行调整。(3)通信设备的扩充性问题。不同的通信设备都可通过提供设备驱动被传输服务加载和使用,具有很好的开放性。

3.1 模型概述

信息传输服务部署于每个通信节点。通信节点是应急指挥系统中相互独立的信息交换单位,可以是一个指挥所、一辆指挥车或单个终端。信息传输服务由传输服务器和传输客户端 2 个部分组成。传输服务器负责信息在通信节点间的传输控制,传输客户端则使用传输服务进行信息传输。

3.1.1 传输服务的基本功能

通信节点间的信息传输服务是对等的,基本功能包括:

(1)数据包的分段/重组传输功能。信息传输服务使用分段/重组协议将业务数据分段打包后提交传输,数据接收方接收到分段后组装成完整的业务数据提交给上层应用。在 IP 链路上使用用户数据报协议(UDP)传输每个分段,在非 IP 链路上由设备驱动将每个分段封装成设备支持的格式在链路上传输。通过发送速度控制、发送/接收超时控制、选择性分段/重传机制^[2]来保证满足业务数据的传输服务质量要求。

(2)数据包的转发功能。信息传输服务接收到一个数据包分段后要经过转发判断,判断依据是报文的封装格式和目的地址。IP 网络上的数据转发由 TCP/IP 协议的网络层根据路由信息自动实现,IP 网络与非 IP 网络间的数据转发由传输服务根据路径选择的结果对数据分段进行转发封装来实现。

(3)在多种非 IP 设备上传输数据的功能。具有在多种非 IP 信道上收/发数据的能力,并且能够方便地在系统中扩充新的通信设备。

(4)传输路径选择功能。在 IP 网络和非 IP 网络的边界,信息传输路径的选择由传输服务决定,并根据选择的传输路径对传输的数据分段进行相应的传输控制。

(5)传输路径维护功能。IP 网络的路径由 IP 路由协议维护,传输路径维护的目的是将非 IP 网络的可用状态反映给通信节点,使通信节点在必要时启用非 IP 网络进行数据传输。

3.1.2 传输服务的工作流程

数据发送过程如下:(1)利用软件产生数据后通过传输客户端将数据提交给传输服务器;(2)传输服务器根据业务数据的目的地址判断可能的传输路径;(3)根据节点通信状态、IP 网络通信状态、非 IP 网络通信状态决定数据的传输路径是否会经过非 IP 网络;(4)如果只经过 IP 网络,则用 UDP 封装后控制发送该数据;(5)如果要经过非 IP 网络转发,则经转发封装后通过路径上非 IP 网络的入口、出口点转发该数据;(6)如果通过非 IP 专线或终端方式,则调用通信设备驱动发送数据。

数据接收过程如下:(1)通信节点接收到数据后,根据是

否已进行转发封装及转发封装的目的地址判断下一步需要进行的处理;(2)如果目的地址不是本地地址,则根据封装中的目的地址选择发送的出口并调用发送数据过程;(3)如果是本地地址,则接收该数据并进行传输控制,直到数据接收完全后提交给业务软件。

3.2 通信节点标识

通信节点标识唯一确定一个通信节点,信息传输服务根据这个标识来识别传输数据的源节点和目的节点,并据此选择传输路径。

该模型统一使用 IP 地址格式标识通信节点。对于接入 IP 网络的节点,直接使用其在 IP 网络中的地址;对于接入非 IP 网络的通信节点,则根据 IP 地址的分配规则为其分配一个虚 IP 地址,虚 IP 地址到通信设备地址的映射由设备驱动根据网络规划结果进行维护。统一使用 IP 地址格式标识通信节点的优点在于:(1)使得网络规划软件和系统名录软件的实现不需要随着通信平台的变化而变化;(2)网络规划基于统一的地址分配原则和路径规划原则,简化了网络规划的实现和网络规划的结果^[3];(3)传输服务维护传输路径时可以使用 IP 网络的地址规则和路由规则,便于非 IP 网络和 IP 网络的互通。

4 传输路径的选择和维护

数据包传输到目的节点的传输路径上需要或者可以经过非 IP 链路时,由信息传输服务确定是否通过非 IP 链路以及如何通过非 IP 链路。传输服务选择路径的基本原则是:

(1)以 IP 路由为基础,将非 IP 转发链路作为 IP 网络的备份链路,当 IP 网络不可用时,启用非 IP 转发链路进行通信。

(2)如果节点间存在非 IP 专线链路,根据建立专线链路的目的使用专线链路。专线链路一般用于发送特定的业务信息,或在特定的时机传输数据。

(3)以非 IP 终端方式接入系统网络的通信节点与系统中其他节点通信时,把非 IP 网络中能够接入 IP 网络的节点作为网关进行双向数据的转发。当网内有多个接入 IP 网络的节点时,以其最直接的上级节点作为网关节点。

(4)信息传输服务以转发表作为路径选择的依据,转发表只维护经过非 IP 链路的传输路径。

转发表与 IP 网络中的路由表作用相同,只是转发表中维护的是要经过非 IP 链路才能到达目的地的传输路径。传输过程中由传输服务实现 IP 网络和各种非 IP 网络间的数据转发,因此,转发表中配置的下一跳地址是下一跳传输服务器的地址。

转发表的产生可以手工配置也可以由网络规划工具生成。手工配置时,在每个通信节点配置到达其他节点的下一跳传输服务器地址,逐跳配置出完整的传输路径。类似于 IP 网络的静态路由,使用手工方法可以配置任意的转发关系,但是配置工作繁琐且无法验证路径配置的正确性,不利于用户的使用。

根据应急指挥系统异构通信网络的组成特征,可以根据网络规划的结果生成转发表,该转发表适用于大部分使用场景,简化了系统配置的工作。针对非 IP 网络的 3 种主要用途,为通信节点分配各种角色,从而产生相应的转发表生成规则:

(1)以非 IP 终端链路方式接入系统网络的通信节点与系统中其他节点通信时,把非 IP 网络中能够接入 IP 网络的节点作为网关进行双向数据的转发。当网内有多个接入 IP 网络的节点时,以其最直接的上级节点作为网关节点。如图 1 中节点 T1, T2, T3 与系统中所有其他通信节点交换数据时,均

将 C2 作为转发节点。在网络规划时为 T1, T2, T3 分配的虚 IP 地址属于同一个网段 *NetT*, 掩码为 *MaskT*。转发表中转发项表示为 $P(DestNet, Mask, NextHop)$, 其中, *DestNet* 是目的网络地址; *Mask* 是网络掩码; *NextHop* 是下一跳传输服务器的地址。在 T1, T2, T3 上设置一条转发项 $P(0.0.0.0, 0.0.0.0, C2)$, 在所有其他通信节点上增加一条转发项 $P(NetT, MaskT, C2)$ 。

(2) 存在非 IP 专线链路的通信节点中不需要增加转发项, 但是要记录专线的使用条件。在数据传输过程中一旦满足使用专线的条件, 就使用专线进行数据传输。

(3) 对于非 IP 转发链路, 为围绕转发链路的转发节点建立转发区域, 转发区域内的节点可以使用转发节点的转发链路进行传输。转发区域的划分在网络规划时完成, 在系统运行期间不发生变化。如图 1 所示, A1 管理的转发区域为 B 区, A4 管理的转发区域为 E 区。节点 A1 和节点 A4 之间存在一条转发链路标记为 A1A4, 则 B 区内的节点(B1, B2, B3, B4)可以和 E 区内的节点(E1, E2)使用转发链路 A1A4 进行通信。转发项表示为 $Q(DestArea, NextHop, LinkType)$, 其中, *DestArea* 是目的转发域; *NextHop* 是下一跳传输服务器的地址; *LinkType* 是转发链路的通信设备类型。则在转发域 B 的各通信节点上增加转发项 $Q(C, A1, T1)$, $Q(D, A1, T1)$, $Q(E, A1, T1)$ 。

对于非 IP 转发链路, 由于转发区域的建立使得链路的工作状态可以在转发区域内被发布, 因此在静态生成转发表的基础上可以动态维护转发表。转发表的维护方式如下:

(1) 初始状态默认所有接入 IP 网络的通信节点能够相互到达。

(2) 转发节点一方面周期性地在其管理的转发区域内发布转发链路的当前可用状态信息, 另一方面, 当转发链路状态发生变化时, 及时将变化通知转发区域内的通信节点。

(3) 当传输控制过程中发现 IP 网络不可用后, 传输服务根据转发表判断是否可以通过非 IP 链路转发, 当存在多条这样的转发链路时, 根据设备类型选择较优的一条路径。

由上述规则产生的转发表只适用于 1 跳转发的情况, 对于多跳转发仍然需要采用静态配置的方式。使用手工配置和自动生成相结合的方法可以使传输服务具有足够的灵活性以适应各种组网方式, 另一方面, 针对大部分的组网方式简化了系统配置工作, 通过较少的网络开销即可动态维护转发表。

5 通信设备的扩展性

该模型要解决的另一个问题是如何将各种非 IP 设备接入应急指挥系统中。模型定义了开放的设备驱动接口, 凡是符合该接口规定的设备驱动程序都可以被数据传输服务加载和使用。通过这种方式统一了设备驱动的工作方式, 增强了系统的适应性。接口示例如表 1 所示。

表 1 通信设备驱动接口示例

作用	接口示例
获取设备的最大传输单元长度	unsigned long GETMTUOP (unsigned short devIndex);
从设备驱动接收数据	unsigned long RECVDATA (unsigned char* inbuf, unsigned long* inbuflen, unsigned short* devIndex);
通过设备驱动发送数据	unsigned long SENDDATA (unsigned char* to, unsigned long tolen, unsigned char* outbuf, unsigned long outbuflen, unsigned short devIndex);
判断通信设备是否可用	unsigned short ISDEVOPEM (unsigned short devIndex);

传输服务在管理这些设备驱动时, 对每个设备的功能、性能特征进行描述。这些描述信息包括信道带宽、延迟、MTU 等, 传输服务在进行路径选择时使用这些特征描述^[4], 为评价路径的优劣提供了一致的准则。

6 结束语

本文提出的用于解决应急指挥系统异构通信网络信息互联问题的信息传输服务模型已在一些系统工程中得到了初步应用, 效果比较理想。

参考文献

- [1] 傅新胜, 杨秋昊, 王执铨. 异构网实时通信的同构化及其技术实现[J]. 南京化工大学学报, 2000, 22(4): 58-60.
- [2] 周志钊, 韩正之. 异质网络数据传输控制策略[J]. 计算机工程, 2002, 28(3): 144-147.
- [3] 崔 灿, 张春辉. 战术互联网网络管理技术研究[J]. 计算机工程, 2001, 27(12): 87-88.
- [4] 陈林星, 曾 曦, 曹 毅. 移动 Ad Hoc 网络——自组织分组无线网络技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.

编辑 张 帆

(上接第 151 页)

参考文献

- [1] Jain R, Fahmy S, Kalyanaraman S, et al. ERICA Swith Algorithm: A Complete Description[Z]. ATM Forum Technical Committee, 1996.
- [2] Charny A. An Algorithm for Rate Allocation in a Packet-switching Network with Feedback[R]. Laboratory for Computer Science, Technical Report: TR-601, 1999.

- [3] Charny A, Clark D. Congestion Control with Explicit Rate Indication[Z]. ATM Forum Technical Committee, 1996.
- [4] Song Chong. First-order Rate-based Flow Control with Dynamic Queue Threshold for High-speed Wide-area ATM Networks[J]. Computer Networks and ISDN Systems, 1998, 29(18): 2201-2212.

编辑 张 帆