

文章编号: 1005-8451 (2012) 01-0018-04

铁路客运信息交互系统双服务通道 传输协议的研究

朱建军, 祝红光, 王智为, 阎志远

(中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

摘要: 铁路客运信息交互系统是采用移动通信网络作为数据通道的业务系统, 由于移动链路存在丢包和断线等不稳定因素, 为保证业务数据的完整性和安全性, 必须采用有效的传输协议, 并实现科学的应用和控制。文章从传输协议特点、应用类型、链路检测与协议切换等方面, 研究铁路客运信息交互系统的双服务通道传输协议。

关键词: 移动通信; 传输协议; 数据通信; 客运信息交互系统

中图分类号: U294 : TP39 **文献标识码:** A

Research on transmission protocol of double channel for Railway Passenger Information Interactive System

ZHU Jian-jun, ZHU Hong-guang, WANG Zhi-wei, YAN Zhi-yuan

(Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Railway Passenger Information Interactive System was a professional system which used mobile communication network as data channel. Because the unstable factors of packet loss and contact loss existed in mobile channel, in order to guarantee the integrity and the security of business data, it was necessary to use effective transmission protocol, and implement scientific application and control. The article researched on transmission protocol of double channel for Railway Passenger Information Interactive System from the aspect of protocol features, application type, link detection and protocol switching.

Key words: mobile communication; transmission protocol; data communication; Passenger Information Interactive System

铁路客运业务的迅速发展对客运信息交流提出了更高的要求, 客运业务迫切需要持续可靠地进行车地数据沟通。客运信息交互系统实现了列车和地面数据信息互通, 为列车乘务工作与地面客运管理提供了数据通道和联合工作平台。

列车与地面的实时数据通信要求高持续性和高可靠性, 而移动通信链路存在大量不稳定因素, 造成车地通信大量丢包和频繁断线。在客观物理链路条件下, 优化传输协议, 加强应用控制是重要的研究课题。

本文根据传输层协议(TCP和UDP)特点, 进行断线和丢包的干扰分析, 以确定不同传输协议的适用场景。

针对作为持续性和可靠性最高层保障的应用

控制机制, 讨论应用分类、TCP和UDP协议的任务栈共享方法, 从而为传输协议合理应用创造必要的条件。

研究链路检测方法和协议切换策略, 实现TCP和UDP双服务通道具体算法。

1 传输层协议特点分析

基于IP网络, 传输层可以选择两个成熟的协议: TCP协议和UDP协议。TCP是面向连接的可靠传输协议。而UDP是面向非连接的不可靠传输协议。

TCP协议特点是协议内部实现了对话控制和数据可靠控制等控制功能, 应用层实现简单, 数据传输效率高。

UDP协议特点是简单, 协议没有任何控制功

收稿日期: 2011-04-13

作者简介: 朱建军, 助理研究员; 祝红光, 副研究员。

能,应用层可以进行全面的自由控制,以保证链路条件不稳定时业务的可持续性要求。

1.1 TCP 协议和干扰分析

1.1.1 TCP 协议特点

TCP是面向连接、面向流的可靠传输协议。其内部控制机制有效提高了数据传递效率和可靠控制,具有以下特点:TCP最大限度避免IP分片;确认超时和重传策略;实现流量控制功能;具有端到端的检验和,自行丢弃重复IP包。

从应用控制的角度来说,TCP具有以下特点:

(1) TCP面向连接,在业务交互开始时需要先建立连接,连接句柄是对话标识。(2) TCP包含连接、断开和数据传递确认等协议控制机制;TCP协议内部的控制机制占用了网络的带宽和交互时间,增加了不稳定因素干扰几率。(3) TCP采用数据确认、超时重发等手段保证数据可靠传输。TCP协议内部的确认操作,保证了数据可靠传输,减少了应用层的超时控制和重传控制,提高了长数据传输的效率。(4) TCP数据传输面向数据流。数据以流的方式进行传递,避免了应用层对数据块的顺序和位移控制。

TCP内部控制信息延长了交互时间,但是可靠性控制简化了应用层的确认实现。由于TCP传输层的控制要比应用层实现控制效率高,所以,针对数据量大和交互次数多的业务,采用TCP协议会提高应用系统效率。

1.1.2 链路故障对TCP传输的影响

TCP针对IP包丢失或重复,分别利用重发和确认丢弃手段来保证数据可靠传输。少量的IP数据包丢失对应用层透明,但丢包率达到TCP的控制限度,TCP将会向应用层报告错误。

客运信息交互系统的断线,基本是由于终端和基站之间断开连接所导致,需要重新拨号连接。在重新拨号后,终端得到新的IP地址,需要与地面服务重新建立连接。

断线可能出现在连接阶段、交互阶段或关闭阶段。TCP连接或关闭时出现断线,不涉及业务操作完整性。断线出现在数据交互阶段中,将会破坏任务操作的完整性,需要应用层通过记录任务上下文等手段来保证。

1.2 UDP 协议和干扰分析

1.2.1 UDP 协议特点

UDP是一个简单的面向数据报的传输协议,报文的发送和接收是独立的,报文与报文之间没有先后顺序。UDP不提供可靠控制机制,没有数据确认信息,不能保证可靠送达。与TCP相比具有以下特点:

(1) UDP不存在连接、断开和确认等控制操作,是单向数据传递过程。(2) UDP不确认数据送达与否,是不可靠的传输方式。(3) UDP有最大报文限制,要求应用对数据进行应用分片控制和数据片序列控制。(4) UDP不保证报文到达的先后顺序,应用层需要对报文进行序列控制。

1.2.2 链路故障对UDP的影响

UDP是单向发送模式,无回执信息,若IP报文丢失并不进行检测和重传。所以链路丢包现象对UDP影响明显。

终端断线后再次连接,终端IP地址即发生变化。地面服务器回应信息可能无法准确送达终端。

该系统从终端将终端特征(SIM卡号)发送到地面服务器,地面服务器通过SIM卡号查询终端的当前IP地址,然后与终端交流信息。通过SIM卡标示查询终端IP,减少了IP地址变化所造成的信息投递错误。

如果断线重连时间间隔较长,或移动系统刷新终端IP地址的操作发生延迟,都将使UDP报文发送错误,导致丢包现象。所以断线对正在交互的UDP流程也会造成显著影响。

2 协议选择与应用控制

网络交互中,保证数据送达目的端称为“数据可靠性”;保证目的端操作成功称为“业务可靠性”。数据可靠是业务可靠的基础。

TCP协议的控制功能保证了“数据可靠性”,上层应用利用业务确认保证“任务可靠性”。UDP协议不保证“数据可靠性”,应用层需要进行数据可靠的控制,并可以将数据可靠和业务可靠回应信息进行合并。

基于不同的传输协议,应用层为了保证“数据可靠性”和“业务可靠性”,需要采用不同的控制方式。

2.1 网络应用分类

不同的网络应用类型适用于不同的传输协议。

将业务类型以数据长度和交互形式进行分类，利于合理采用传输协议。

根据业务数据长度分类，长度小于 UDP 数据长度限制的数据类型称为单报文数据。长度大于 UDP 报文长度限制的数据称为多报文数据。

根据交互形式分类，可分为单向发送、单一交互和多交互 3 类。

单向发送形式适用于无确认场景，如监控信息或其它时效短的数据信息。发送端不主动关注信息的送达和应用实现，接收端会对信息送达进行定期超时检测，是最松散的形式。

单一交互形式是请求/应答方式。请求是业务数据的传递，应答分为数据应答和业务回执应答。

多交互型业务需求是必须在一个会话中实现的多个应答交互的形式。比如“请求、应答、应答的应答”形式。

2.2 协议选择策略

进行传输层协议选择的原则是可用原则和高效原则。

如果任务操作中都是单报文数据，UDP 协议结合应用超时控制是高效的实现方式。它避免了 TCP 的控制交互操作，并可以有效应对丢包和断线。

多报文数据在链路条件良好情况下，采用 TCP 协议较好，TCP 协议是面向数据流的协议，当大数据量传递时，可以避免上层控制的分片、序列和位移。并可以高效地屏蔽掉少量数据包丢失的影响，相对于 UDP 结合应用控制的方式而言效率要高很多。

多报文在链路条件差的情况下，系统应采用舍效率，保可用的原则。UDP 结合应用控制方式在降低系统效率情况下，可以保持系统持续运行。该模式充分发挥了应用控制的灵活性。

2.3 任务单元与协议控制

2.3.1 操作单元

一个业务流程可由多个交互操作步骤构成。每一个步骤都可能被异常中断，所以每一次交互操作都把已完成步骤压入任务记录堆栈，以备回滚或从断点处接续任务。

如果把一个业务流程视为一个整体，会形成深层的任务记录栈，深层记录栈不利于回滚和断点接续，通过任务分解过程把多交互的任务分为多个小的操作单元，一个操作单元对服务器端是

一个“原子操作”。一个操作单元出现断线故障，服务器逻辑自动进行回滚。一个任务的两个相邻操作单元之间的界限称为“操作提交点”。

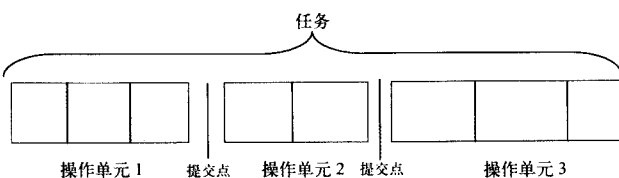


图 1 操作单元划分

任务单元包括协议标示位 (protocol flag) 和协议控制结构 (protocol control structure)。protocol flag 标示当前操作单元采用 UDP 通道还是 TCP 通道。协议控制结构包含当前协议所需要的连接句柄和状态信息。

系统不能在一个操作单元中途实现协议切换。不同操作单元可以根据链路条件进行协议切换。

2.3.2 协议控制

一个操作单元中既可以使用 UDP 协议，也可以使用 TCP 协议通道。根据应用传输协议不同，选用操作单元控制结构中相应的协议控制结构。

(1) TCP 控制结构

连接句柄：socket 套接字。

状态描述：连接连通、断开、读失败和写失败状态。

断点记录：记录连接断线时操作执行的状态，如文件传输状态。

(2) UDP 控制结构

会话描述：一次操作称为一次会话，会话双方的 ID 保持一致。

连接描述：双方地址，双方接收端口。

超时控制：包括对话超时和数据完整超时。

数据序列：对长数据进行分片和重组。

状态描述：运行状态、关闭状态或超时状态。

由协议控制结构，可以看出，UDP 控制结构中多了数据可靠的控制结构。

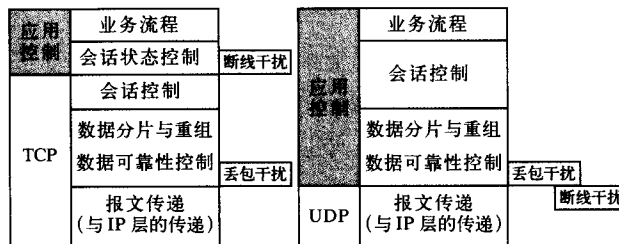


图 2 干扰与应用控制分析

通过图2分析应用控制对两种协议的效果。

TCP的应用控制层不受丢包故障的干扰,但是受断线故障的干扰。TCP连接每次中断,应用层需要根据操作记录栈状态,控制操作的断点或回滚。

UDP在会话超时才会导致会话中断,断线干扰和丢包干扰都会影响传输控制层。与TCP协议相比,虽然应用层实现超时和分片等控制,效率有所降低,但提高了系统的抗干扰能力。

3 链路检测和协议切换

协议选择的基本依据是链路状态。断线率和丢包率是链路状态的主要衡量指标。只有采用合理的链路检测方法,获取正确的状态值,才能有效选择传输协议和控制方式。

3.1 链路状态检测

链路检测包含单位时间断线次数检测和丢包率检测两项指标。

通过终端定期检测当前网络连接状态和数据传输时的连接检测,可以得到单位时间内断线次数(L_d),如 $L_d=1$ 次/min。

单位时间断线次数影响一个任务过程中的断线率,丢包率和断线重连时间影响一个任务过程的总耗时。

通过UDP报文的方式检测丢包率。测试报文大小依据路径最大传输单元(MTU),即避免中途分片。每组连续发送10个报文,每隔 n s(采用 $n=3$)发送一组,发送一组的时间为 u (可以忽略),10组为一个测试单位。算出在 $(n+u) \times 10$ s时间内100个数据包的接收情况。检测流程是客户端向服务器发送请求报文,服务器端回应10组测试报文,终端从接收到每组的第1个报文开始计时,超时为 n s(采用 $n=3$),统计10组丢包数,得到丢包率(D)。

根据任务单元的正常操作时间(比第 n 类任务正常操作时间 T_n),通过加权(出现概率 w_k)评测出正常平均操作时间: $\tilde{T}_z = \sum_{k=1}^n T_k \cdot w_k$ 。通过平均操作时长 \tilde{T}_z 比丢包率(D)得出平均实耗操作时间: $\tilde{T} = \tilde{T}_z / D$ 。平均实耗操作时间与断线次数相比,得到操作单元的断线率: $L = \tilde{T} / L_d$ 。

断线率 L 乘以重连实耗 t_l 加上平均实耗操作时

间 \tilde{T} ,得到平均时延: $T = \tilde{T} + L \cdot t_l$ 。

3.2 链路状态和协议切换

总耗时比正常(不断线,不丢包)传输时间的倍数要小于一个满意值(比如3倍),才能保证操作流畅。该满意值称为时延满意值(T_m)。操作延时太长,以致操作不能持续进行时,该时延值称为上限时延(T_d)。

在以TCP实现的整个业务流程中,断线几率小于一个满意值(比如1/50),才能保证操作连续,称为断线满意值(L_m)。当断线几率导致系统不能正常工作时,即断线几率达到断线的上限值(L_d),

T_m 与 T_d 、 L_m 与 L_d 分别把延时和断线值分为3个区域,小于满意值的是流畅域,大于上限的是阻塞域,位于其间的是可以调制域。以上4个界限值没有硬性界定,视业务需要为协议选择提供依据,见图3。



图3 状态区域划分

两个评价指标需要进行综合考评,实际延时 T 和实际断线率 L 有一个位于阻塞域,则任务是阻塞的;两个值都处于流畅域,则认为链路是流畅状态;其它状态,即两个值都位于调整区,或一个在流畅域,一个在调整域,都将使任务链路处于需要协议调制的状态。

无线系统根据链路状态进行协议切换。适用于UDP结合应用控制的业务类型,即单报文应用类型,只需采用UDP方式,无需协议切换。多报文多交互的业务类型,当链路处于流畅状态时,应采用TCP协议,以提高系统工作效率;当链路处于调整状态时或阻塞状态时,业务操作应采用UDP结合应用控制,以保证业务操作的可用性。

4 结束语

高可靠性的数据通道是移动数据通信的基础。应用层有效控制是移动数据可靠性的根本保障。在充分利用TCP或UDP协议特点的前提下,实现科学的应用层控制是“客运信息无线交互系统”的技术特点。为了数据通道的可靠和稳定,控制机制还有待深入地研究和总结。

责任编辑 杨利明